



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Corso di laurea in Scienze e Tecnologie Alimentari

Studio della resa casearia in Grana Padano di latte con diverse
caratteristiche chimiche e tecnologiche

Study of dairy yield in Grana Padano cheese concerning milk with
different chemical and technological specifications

Relatore:

Prof. Cassandro Martino

Correlatore:

Dott.ssa Ancilotto Lucia

Laureando:

Federico Ferro

Matricola n.614622

ANNO ACCADEMICO

2012/2013

Sommario

Riassunto	7
Abstract	9
1. Introduzione.....	11
1.1 Il settore lattiero-caseario	11
1.2 Il latte	17
1.3 Attitudine casearia e resa	27
1.4 Grana Padano D.O.P.	31
1.5 Caseificio Sociale Ponte di Barbarano	41
2. Obiettivi	43
3. Materiali e metodi	44
4. Risultati e discussione.....	49
5. Conclusioni.....	59
Bibliografia	60

Riassunto

Nell'economia di un paese come l'Italia l'industria casearia riveste un ruolo molto importante, basti pensare che circa i tre quarti della produzione nazionale di latte sono destinati alla trasformazione in prodotti lattiero-caseari. E' dunque molto importante che il latte trasformato abbia una buona qualità in termini di resa casearia, al fine massimizzare le produzioni e i ricavi economici.

La resa in formaggio, è definita come la quantità di formaggio da una quantità nota di latte, ed è uno dei più importanti parametri di redditività del formaggio. Quindi, la definizione della qualità del latte non può limitarsi alla composizione chimica (tenore in grasso, proteine) o alle caratteristiche igienico-sanitarie definite dalla legislazione vigente, ma deve considerare aspetti strettamente inerenti la trasformazione casearia. Tra questi cito ad esempio, le proprietà reologiche come capacità di coagulazione, forza del coagulo, le quali hanno riflessi sulla produzione del formaggio, influenzando direttamente la resa casearia.

Questo elaborato di tesi si occupa di una delle eccellenze dell'agroalimentare italiano: il Grana Padano DOP. Come per tutti i formaggi a pasta dura e a lunga stagionatura è importante cercare di migliorare la resa dato che il calo in peso di queste tipologie di prodotto, dal momento della produzione a quello del consumo, è molto consistente.

Le prove illustrate in questo elaborato si sono svolte presso il Caseificio Sociale Ponte di Barbarano e si dividono in due sessioni svolte a distanza di un mese l'una dall'altra (Marzo, Aprile). Ad ogni sessione corrispondono 4 giorni di produzione nei quali sono stati effettuati dei rilevamenti in caseificio. Per ogni giorno di lavoro sono stati eseguiti dei campionamenti da 10 caldaie preselezionate in maniera tale che fossero ben distribuite sul totale, al fine ricercare i parametri qualitativi del latte. Sulle forme prodotte nei giorni di prova sono state eseguite delle pesate a 48 ore e a 21 giorni dalla produzione per eseguire il calcolo della resa.

Le rese ottenute sono state confrontate con alcune rese calcolate mediante formule di predizione trovate in letteratura, quasi tutte sviluppate appositamente per predire la resa a 24 ore di formaggi tipo Grana.

E' stato constatato che le formule di previsione che presentano le correlazioni più elevate con le rese reali sono le formule sviluppate appositamente per la resa del Grana Padano

nei primi giorni dalla produzione, mentre correlazioni inferiori a 0,6 sono state riscontrate in formule di previsione sviluppate su altre tipologie di formaggio.

Abstract

In Italy, from the economy point of view, the dairy farming is very important, just thinking about that 75% of the milk production is used by the processing of milk into dairy goods.

So it's fundamental that milk has good quality in terms of cheese yield, in order to maximise productions and economic profit.

Cheese yield, is defined as the quantity of cheese from a known quantity of milk, and it is one of the most important cheese profitability parameter. Therefore, the definition of the milk quality can not be limited to the chemical composition (fat, proteins) or to the hygienic traits, which are defined by the legislation in force, but it has to consider aspects that are closely related to the dairy transformation. This last are mainly rheological properties, such as the coagulation time and curd firmness, which have some effects on the cheese production.

With this thesis I want to introduce one of the most excellence of the Italian agricultural and food industry: the Grana Padano PDO. As for all the solid pasta cheeses with long aging, it is very important to improve the yield because this kind of product tends to lose a lot of weight from the creation to the consumption.

The evidences presented in this paper were held at the Caseificio Sociale Ponte di Barbarano and were divided into two sessions, one in March and one in April. At each session match 4 days of production in which the surveys were carried out at the dairy factory. For each day of work were researched samplings by 10 preselected boilers in order to search the qualitative parameter of milk. The wheels of cheese were weighted after 48 hours and at the 21st day from production to perform the calculation of the yield. The data were compared with some yields calculated by formulas found in literature, most of all created to forecast the yield of Grana cheese after 24 hours.

It was established that the prediction formulas most similar to the real yields, are the yields developed specifically for the Grana Padano in the early days of the production. While correlations of less than 0.6 were found in the prediction formulas developed on other types of cheese.

1. Introduzione

1.1 Il settore lattiero-caseario

Panoramica Mondiale

Osservando la situazione negli ultimi 5 anni si può notare come il mercato del latte e conseguentemente di tutti i prodotti che ne derivano sia stato segnato da numerose oscillazioni causate da annate sfavorevoli dal punto di vista climatico, ma soprattutto da una crisi economica generale che dal 2008 in poi ha segnato anche l'andamento di questo mercato. La problematica situazione dei mercati ha rallentato la domanda scatenando un conseguente calo dei prezzi cosa che non stimola l'incremento delle produzioni.

Questi momenti di difficoltà economica sono resi visibili dai dati sulla produzione mondiale di latte che, seppur sempre in crescita, ha registrato delle significative flessioni nell'annata 2009 (+0,7% rispetto al 2008). Già dalla fine di quest'anno però i segnali di una ripresa si sono fatti sentire portando gradualmente i tassi di crescita delle produzioni a valori più vicini a quelli di anni precedenti la crisi, che si attestavano intorno ai 3 punti percentuali su base annua. Nel 2011 infatti la produzione di latte è di circa 730 milioni di tonnellate, in crescita del 2,5% rispetto all'anno prima (Ismea, 2012).

Tale ripresa è in gran parte imputabile all'incremento delle richieste dei paesi in via di sviluppo, in primis Cina e Sud-est asiatico, che oltre ad aumentare la propria produzione interna hanno fornito una forte spinta alla domanda mondiale di commodity casearie (Ismea, 2012). India e Cina infatti rappresentano oltre la metà dell'aumento produttivo del 2011, dopo che nel 2009 avevano entrambe passato periodi di difficoltà, la prima reduce dallo scandalo della melamina nel latte alimentare, la seconda contrastata anche da una stagione monsonica poco piovosa. Soprattutto per quanto riguarda la Cina, dati alla mano, la ripresa deve ancora compiersi del tutto dal momento che nel 2011 ha ancora una produzione del 3,5% inferiore a quella del 2006.

Grande importanza nella scena internazionale la riveste il mercato neozelandese la cui crescita in termini di produzione annua nel 2009 si attesta intorno al 10% rispetto al precedente biennio che ha visto una situazione di stallo dovuta anche ad una grande siccità, la quale ha creato problemi all'incremento della produzione anche nelle annate successive al 2009, annate che in linea teorica avrebbero dovuto essere economicamente

più favorevoli. Tuttavia questa nazione occupa una porzione importante di mercato con oltre 17 milioni di tonnellate di latte munto nel 2011.

Sul fronte americano gli Stati Uniti la fanno da padrone per quanto riguarda la produzione (quasi 90 milioni di tonnellate all'anno), ma con tassi di crescita che si attestano sotto il 2% dal 2009 in poi. Crescita rallentata anche per Messico e Canada, mentre per Brasile e Argentina vale un discorso simile al Sud-est asiatico: forte aumento della produzione dopo il 2009 e spinta al rialzo dei prezzi per l'intensificarsi della domanda interna (Ismea, 2012).

Una delle note più negative degli ultimi anni è data dalla Russia che, con 31,1 milioni di tonnellate di latte munto nel 2011, vede la propria produzione in calo costante (-1,8% rispetto al 2006). Nel 2009 si erano avuti da questo paese segnali di ripresa stroncati da una carente disponibilità di materie prime dovuta a condizioni climatiche avverse (Pieri, 2011).

Panoramica Europea

L'Unione Europea è il più grande polo produttivo di latte con quasi 160 milioni di tonnellate (considerando tutte le specie) con crescite annue intorno all'1-2% dal 2009 in poi.

Per capire bene una situazione di mercato complessa come quella europea occorre dividere la macroregione in due realtà abbastanza diverse tra loro: i vecchi paesi membri (UE a 15) e i nuovi paesi membri (12 paesi considerati dell'est-europeo).

Un indicatore di questo dualismo all'interno dell'Unione Europea può essere dato dalla costante riduzione della mandria di vacche da latte la quale, nonostante sia un fenomeno che, almeno dall'inizio del nuovo secolo, caratterizza tutto il nostro continente, si fa sentire fortemente soprattutto nei paesi est-europei, i quali presentano ancora una struttura gestionale e produttiva debole per quanto riguarda questo settore. Osservando alcuni dati Eurostat si vede infatti come nell'arco di 5 anni, dal 2005 al 2010, nei 12 nuovi paesi dell'UE ci sia stata una riduzione superiore al 15% nella mandria di lattifere, al fronte di una riduzione del 4,6% per quanto riguarda l'UE a 15 nello stesso periodo.

Se si osserva la situazione dal punto di vista del latte consegnato si ha che nel 2010 i paesi della vecchia UE hanno fornito al mercato 118,1 milioni di tonnellate di latte mentre i nuovi paesi membri 18,1 milioni di tonnellate. Questo è il risultato di un incremento della produzione comunitaria del 2,3% rispetto ad un anno di flessione come il 2009, forse ad indicare un crescente dinamismo dovuto alla progressiva uscita da un regime di quote.

Tuttavia rimane marcato il divario tra “vecchia Europa” e nuovi paesi dell’UE. I paesi dell’UE a 15 infatti, salvo eccezioni come Grecia e Svezia, hanno dimostrato negli ultimi anni di trainare la produzione comunitaria, e soprattutto per quanto riguarda i paesi dell’area centrale si notano incrementi in 5 anni (dal 2005 al 2010) che vanno dal 4% a oltre l’8%. Tutta un’altra storia se si osservano i dati riguardanti le nazioni dell’est-europeo che a partire dal 2009 sono soggette ad un importante ridimensionamento delle consegne di latte. Emblematiche sono le situazioni di Romania e Bulgaria che nei 5 anni presi in considerazione hanno registrato cali rispettivamente del 20,5% e del 24%, e della Polonia (il paese più produttivo dei 12) che, in valore assoluto, ha fatto registrare il calo più pesante con -138 mila tonnellate nel 2010 rispetto l’anno precedente, durante il quale si era registrato un aumento di 247 mila tonnellate consegnate rispetto al 2008; questo a testimonianza dell’andamento altalenante e instabile caratterizzante queste realtà di mercato.

Per quanto concerne la produzione di formaggio si può dire che la presenza della crisi economica globale si è fatta sentire, sono infatti diminuiti i segni positivi che caratterizzavano le produzioni comunitarie fino al 2007. Dal 2010 in poi però il settore caseario ha ripreso ritmi di crescita importanti (2,5% tra 2009 e 2010 in tutta l’UE) salvo eccezioni illustri come l’Italia che fatica a riprendersi dalla crisi delle grandi DOP.

Da notare come il divario tra UE a 15 e nuovi paesi dell’UE per quanto riguarda la produzione casearia esista solo sui pesi della produzione (oltre 7,2 milioni di tonnellate contro l’1,2 milioni di tonnellate all’anno). Per quanto riguarda i tassi di crescita e la risposta alla crisi i nuovi stati membri si dimostrano più reattivi sul mercato, con un incremento complessivo delle produzioni tra 2006 e 2010 che supera il 20%, e vedono situazioni difficili solo in Romania e Bulgaria le quali devono ancora completare un lungo processo di ristrutturazione e adattamento della propria industria casearia (Pieri, 2011).

Situazione nazionale

L’offerta nazionale di latte considerando tutte le specie si attesta intorno agli 11,5 milioni di tonnellate nel 2011 (Ismea, 2012), rimanendo al di sotto della quota assegnata al nostro paese dall’UE e in flessione rispetto ai 118 milioni di ettolitri del 2010 (Pieri, 2011).

Dai dati dell’ultimo Censimento 2010 si è potuto avere un quadro della grossa ristrutturazione che sta avendo la zootecnia italiana, soprattutto per quanto riguarda il settore delle bovine da latte che vede, secondo l’Istat, una consistenza di 1.746.000 capi

(siamo al quarto posto tra i 15 paesi della vecchia UE). Rispetto al decennio precedente infatti si può notare una netta diminuzione delle aziende produttrici di latte (-34,7%) e un aumento medio di 10 capi per stalla. Questo sta ad indicare che le piccole realtà non riescono a far fronte, con i numeri, alla scarsa redditività del settore, vedendosi costrette a chiudere; dall'altro lato le aziende di medie dimensioni sono spinte ad aumentare la produttività incrementando la mandria a propria disposizione. Tutto ciò si traduce in un lieve calo del numero capi allevati nel territorio nazionale, fatta eccezione per il 2009 che ha fatto registrare un aumento un po' in controtendenza con ciò che accadeva nel resto dell'Europa.

Nel 2010 il comparto delle vacche da latte ha subito la flessione più grave considerando il decennio cominciato nel 2000, risentendo della crisi di settore con circa un anno di ritardo. Questo fatto può essere dovuto alla tipologia di produzioni casearie italiane alle quali viene destinato più del 70% del latte nazionale. I formaggi a lunga stagionatura, che assorbono una consistente porzione di latte destinato alla caseificazione, infatti, necessitano di almeno un anno prima della commercializzazione al dettaglio, ritardando di conseguenza gli effetti di una crisi dei consumi, che in altre realtà aveva fatto ridimensionare le mandrie di lattifere già dal 2009.

L'Italia è una delle migliori realtà a livello europeo per produzione di latte occupando il quinto posto dietro a Germania, Francia, Regno Unito e Paesi Bassi, mentre per quanto riguarda la produzione di formaggio è inferiore per quantità solo a Germania e Francia con una produzione di oltre un milione di tonnellate all'anno.

Secondo i dati AIA, che si riferiscono a oltre il 78% del patrimonio nazionale di lattifere (più di 1.300.000), nel 2010 abbiamo una produzione media per vacca per anno di 8435 kg con un aumento di 12 kg rispetto all'anno prima con un miglioramento nel contenuto lipidico (3,69%) e una sostanziale invariabilità del contenuto proteico (3,33%).

Dal confronto con i dati Istat emerge come l'aderenza ai controlli delle varie APA sia più alta al Nord rispetto al Sud e al Centro. Le regioni che più aderiscono sono anche le più importanti per il settore: Lombardia ed Emilia Romagna pesano infatti per il 57,6% delle lattifere controllate. Oltre a queste due trascinatrici del settore latte italiano emerge al terzo posto il Veneto con oltre 116.000 vacche, e il Piemonte con quasi 100.000 vacche. Spostandoci geograficamente verso sud emergono realtà importanti in Lazio, Puglia, Sicilia e Sardegna con mandrie controllate intorno o superiori alle 30.000 lattifere.

Per quanto riguarda le produzioni i dati rispecchiano grossomodo quello che ci si aspetta dalle consistenze delle mandrie, nonostante ci siano realtà regionali particolari come

quelle montane in cui le produzioni per vacca sono minori rispetto alle regioni che presentano la maggior parte delle stalle in pianura. Le regioni più produttive per quanto riguarda il latte vaccino sono infatti, in ordine, Lombardia, Emilia Romagna, Veneto e Piemonte.

In Italia si lavorano annualmente 13 milioni di tonnellate di latte di varia provenienza: 1,8 milioni di tonnellate provengono da paesi esteri. Nel 2010 il valore complessivo della produzione dell'industria lattiero-casearia ammonta a 14,8 miliardi di euro con un aumento del 2,6% rispetto al 2009, e un valore totale di filiera stimato in 24,4 miliardi di euro, questo ad indicare che il settore, nonostante abbia risentito della crisi, rimane trainante per la nostra economia. Bisogna dire che il 2010, grazie alla spinta delle due principali DOP italiane (Parmigiano Reggiano e Grana Padano), è stato l'anno che può dare inizio ad una ripresa sul fronte dei prezzi anche per quanto riguarda la materia prima, garantendo maggiore redditività alle imprese, dopo un biennio in cui il prezzo del latte era crollato (Pieri, 2011).

A partire dal 2010 si è riscontrato un aumento dei consumi in termini di quantità il che tuttavia non si traduce in un aumento della spesa pro capite. Complice la situazione di difficoltà economica, le famiglie italiane hanno abbassato notevolmente il livello di qualità dei prodotti acquistati, il che significa un calo nelle vendite di eccellenze come i formaggi tutelati dal marchio DOP che stanno tuttora vivendo un periodo poco felice. Basti pensare che nel 2011 i formaggi a marchio DOP e IGP hanno riscontrato un calo nelle produzioni dell'1,7% rispetto a un anno prima, anche se nel complesso i fatturati, spinti anche dalle esportazioni, continuano a crescere seppur a ritmi più blandi e con qualche eccezione illustre come nel caso della mozzarella di bufala campana (-0,4%) e del pecorino romano (-39,3%)(Qualivita-Ismea, 2012).

I principali mercati in cui l'Italia è presente con i suoi prodotti sono principalmente quelli comunitari; risalta l'incremento del 10% delle esportazioni verso la Francia nel 2011. Pesa per il nostro bilancio un calo nelle esportazioni verso gli Stati Uniti nello stesso anno, complice la competitività di prezzo dei prodotti francesi e olandesi (Ismea, 2012). Tuttavia rimangono molto apprezzati all'estero i nostri prodotti soprattutto Grana e Parmigiano che nel 2010 hanno visto incrementi in termini di ricavi di oltre il 25%, grazie all'apprezzamento di mercati come quello statunitense, tedesco, francese e britannico.

Nel complesso si può osservare un peggioramento del deficit degli scambi con l'estero. Questo fenomeno è attribuibile soprattutto ai grandi quantitativi di latte liquido in entrata (+8,8% in termini quantitativi nel 2010) e ad un sensibile aumento del valore dell'import

(+22,1% stando ai dati del 2010) dovuto all'aumento delle quotazioni medie internazionali (Pieri, 2011). I paesi dai quali importiamo i maggiori quantitativi di latte sfuso sono Francia, Austria e Ungheria (Ismea, 2012).

Fortunatamente il saldo è positivo se si parla dell'aggregato dei formaggi, rappresentando questo il 43,3% del costo totale delle importazioni ma ben l'86,2% del valore delle nostre esportazioni del settore, in cui pesa molto anche il valore aggiunto dei prodotti a denominazione di origine (Pieri, 2011).

1.2 Il latte

Il latte è il secreto delle ghiandole mammarie che viene prodotto dalle femmine di tutte le specie appartenenti alla classe dei mammiferi. Questa secrezione inizia con il parto ed è destinata ad essere l'unica fonte di nutrimento per i mammiferi neonati, quindi il latte è considerato un alimento completo e varia nella sua composizione da specie a specie in base alle esigenze nutritive dei diversi mammiferi nelle prime fasi di vita (Bittante et al., 2003).

Per latte alimentare la legislazione italiana intende il prodotto ottenuto dalla mungitura regolare, ininterrotta e completa della mammella di animali in buono stato di salute e nutrizione. Con il termine "latte" si intende il solo latte di origine vaccina, mentre per il latte proveniente da specie diverse è obbligatorio presentare un'indicazione specifica (RD 994/29).

Alla base della produzione di latte vi sono una serie di meccanismi endocrini regolati dall'ipofisi che portano alla stimolazione delle cellule secernenti presenti negli alveoli mammari, queste cellule utilizzano le sostanze provenienti dal circolo sanguigno come precursori di quelli che saranno i costituenti del latte. Nel caso della vacca da latte occorre il passaggio di circa 400 litri di sangue nell'apparato mammario per produrre un solo litro di latte (Bittante et al., 2003).

Nel latte vaccino mediamente le componenti, esclusa l'acqua, si ripartiscono nel seguente modo: 5% di lattosio, 3.5% di grassi, 3,3% di sostanze azotate, meno dell'1% di sali minerali, tracce di enzimi, di vitamine, di pigmenti (carotenoidi, xantofille, riboflavine) e di gas disciolti (CO_2 , O_2 , N_2). Naturalmente questi dati non sono fissi ma variano, all'interno della stessa specie da razza a razza, a parità di razza variano da individuo ad individuo, e lo stesso individuo presenta delle variazioni di questi titoli nel corso della sua vita produttiva.

Le variabili che possono influire sulle percentuali delle componenti del latte possono essere molteplici: l'ambiente e il clima in cui è allevato l'animale (le oscillazioni stagionali risultano molto influenti), l'alimentazione, la tecnica e i tempi di mungitura. Questi fattori si definiscono esogeni perché non dipendono dall'animale. I fattori endogeni invece si possono riscontrare nelle caratteristiche di razza ed individuali della bovina, e in diversi stati fisiologici che si verificano nella vita di una lattifera, come la condizione di salute (eventuali mastiti) e lo stadio di lattazione (Salvadori Del Prato, 1998). Basti osservare una qualsiasi curva di lattazione per notare come questo fattore sia

molto influente sia sulla quantità di latte prodotta sia sulla percentuale di grasso e proteine (fig. 1.1). Si riscontra infatti un forte aumento nella produzione dal parto, fino a raggiungere un picco massimo dopo 4-8 settimane, e un calo progressivo tra il secondo e il terzo mese fino alla fine della lattazione. Il lattosio ha un andamento simile nella curva, infatti la sua concentrazione nel latte non presenta grosse variazioni. Per la percentuale di grasso e di proteina invece vale il discorso opposto, infatti questi due titoli variano notevolmente in base alla quantità di latte prodotto, avendo un picco minimo in concomitanza del picco massimo di produzione. Grasso e proteine in valore assoluto sono sintetizzati in quantità pressoché costanti quindi nel periodo in cui c'è più secrezione di latte questi si presentano più diluiti (Bittante et al., 2003).

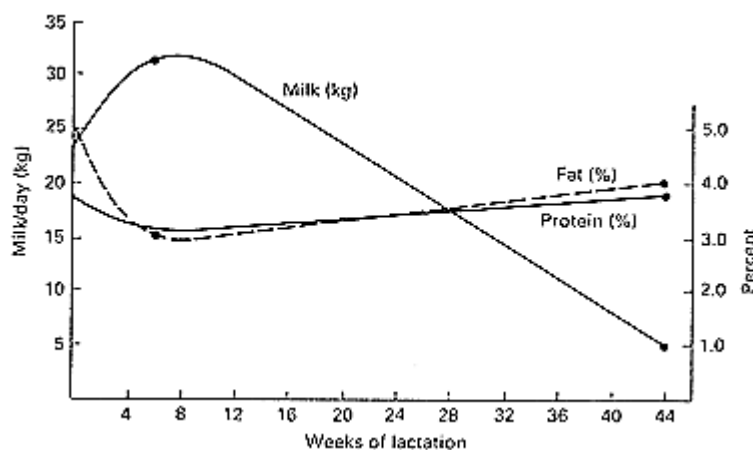


Figura 1.1. Curva di lattazione bovina (www.vetmed.lsu.edu).

1.2.1 Caratteristiche chimico-fisiche

Dal punto di vista fisico-chimico il latte presenta, oltre a una grande complessità nella composizione, una combinazione di fasi differenti disperse nella fase acquosa che ne costituisce circa l'87%. Le molteplici sostanze al suo interno infatti si trovano alcune in soluzione vera e propria, mentre altre possono essere in emulsione, o in dispersione colloidale in base alla loro diversa natura chimica. Le componenti in soluzione sono tutte quelle idrosolubili (sali, lattosio, proteine del siero, vitamine idrosolubili), in emulsione troviamo la frazione lipidica, mentre in sospensione colloidale troviamo le caseine; inoltre nel latte si trovano in sospensione un numero variabile di cellule di diversa natura: microbiche e somatiche (Salvadori Del Prato, 1998).

Il latte a 15°C ha una densità di 1,028-1,033 g/mL con variazioni in base al titolo di grasso e alla sua composizione; nel determinare questo parametro concorrono infatti sia la

densità del plasma latteo sia quella della frazione lipidica, dunque un latte scremato presenta un valore di densità più alto rispetto al latte intero.

La tensione superficiale del latte a 15°C è di 47-55 Dine/cm² molto più bassa di quella dell'acqua (72,8 Dine/cm²) consentendogli di avere buone proprietà schiumogene, grazie alle proteine che agiscono da tensioattivi, con svariati risvolti in campo tecnologico.

Altro indice fisico importante è il punto crioscopico, ossia la temperatura alla quale coesistono le due fasi solido e liquido. Nel latte vaccino questa è inferiore rispetto a quella dell'acqua pura e varia dai -0,52 ai -0,55°C, in virtù dei soluti presenti nel latte costituiti da sali e lattosio che essendo, come già detto, presenti in percentuale costante fanno sì che questo indice non presenti grosse variazioni, costituendo un indicatore di possibili annacquamenti.

Il pH del latte a 20°C ha valori intorno a 6,6-6,8 che rimangono costanti in caso di aggiunta di piccole quantità di acidi o basi in quanto il latte, come il sangue, è una soluzione tamponata grazie all'azione delle proteine che sono composti anfoteri. Il pH è legato alla percentuale di proteine in maniera inversamente proporzionale; latte mastitico infatti presenta un pH più alto ($\geq 7,0$) perché il contenuto di proteine totale diminuisce mentre il latte colostrale ha $\text{pH} \leq 6,5$ (Salvadori Del Prato, 1998).

1.2.2 Le componenti del latte

Proteine

Il latte contiene al suo interno dal 3 al 3,4% di sostanze azotate di cui fanno parte le proteine del latte vere e proprie e una serie di altre molecole non proteiche tra cui l'urea, la creatina, l'ammoniaca, alcuni amminoacidi liberi, peptidi e acidi nucleici che insieme costituiscono circa il 5% delle sostanze azotate. Le proteine del latte hanno un elevato valore biologico, ed essendo di origine animale presentano al loro interno tutti i 20 amminoacidi tra cui quelli essenziali che non possono essere sintetizzati dal nostro organismo e devono essere per forza assunti con la dieta. Queste si possono suddividere in caseine, costituenti circa il 25% della proteina totale, coagulabili per azione di acidi o di particolari enzimi (chimosina), e in albumine o siero proteine, che costituiscono il restante 25%.

La caseina non è costituita da un unico protide ma da una classe di fosfoproteine che legate insieme costituiscono le micelle di caseina. Le più importanti sono l' $\alpha\text{s}1$ -, l' $\alpha\text{s}2$ -, la β e la k-caseina; quest'ultima è la base su cui agisce la chimosina del caglio per fa

coagulare il latte. La k-caseina è una fosfo-glicoproteina costituita da una singola catena polipeptidica a 169 amminoacidi, che presenta un solo gruppo fosforico e solitamente 5 gruppi glucidici che rendono idratate e in sospensione le micelle di caseina grazie all'affinità che presentano con l'acqua. Questa caratteristica consente alle caseine di avere proprietà schiumogene ed emulsionanti. In corrispondenza del legame 105-106 (fenilalanina-metionina), per azione enzimatica, avviene la separazione tra para k-caseina e il caseinoglicopeptide, con il rilascio nel mezzo di quest'ultimo, provocando una perdita dello stato di idratazione e rendendo quindi possibile l'interazione tra i gruppi idrofobici di micelle adiacenti causandone l'aggregazione e la precipitazione.

Le micelle caseiniche si presentano in gran quantità nel latte (circa 10^{14} /mL), con diametro variabile da 30 a 300 mμ, presentando quindi un' elevatissima superficie d'azione che si attesta intorno ai $4 \text{ m}^2/\text{mL}$. Sono composte da molte submicelle, a loro volta costituite dalle molecole di caseina, in modo tale che le submicelle che presentano una percentuale più elevata di k-caseina si trovino all' esterno consentendo alla micella di rimanere in sospensione.

L'aggregazione delle molecole di caseina all'interno delle submicelle è reso possibile da numerosi ponti idrogeno, mentre la struttura micellare complessiva è resa stabile da ponti di apatite, costituiti da calcio ionico che interagisce con i fosfati legati alle caseine. Risulta quindi indispensabile il calcio per il mantenimento della stabilità del sistema, come indispensabile è la stabilità del pH. L'acidificazione eccessiva del mezzo infatti distrugge i legami stabilizzanti tra calcio e fosforo i quali passano in soluzione, causando la disgregazione della micella e la conseguente flocculazione.

Le siero proteine sono proteine solubili in acqua e presentano un elevato contenuto di amminoacidi solforati rispetto alle caseine, il che le rende molto importanti dal punto di vista nutrizionale. Esse non si presentano in grossi aggregati proteici ma in forme semplici come monomeri o polimeri, inoltre non precipitano per azione enzimatica ma per forte riscaldamento o per aggiunta di sali.

Sono costituite per la maggior parte dalle albumine (70%), e in misura minore dalle globuline (15%), dai proteoso-peptoni (10%) e dalle metalloproteine (5%). Tra queste ultime si possono trovare importanti fissatori di metalli pesanti tra cui la lattoferrina che svolge un'attività antimicrobica. Le globuline comprendono anche le immunoglobuline, proteine ad alto peso molecolare, e sono le prime a perdere la loro stabilità in seguito ad alterazioni del siero. Le albumine sono costituite principalmente dalla β lattoglobulina e dalla α-lattoalbumina.

La forte presenza di ponti disolfuro è la ragione per cui queste proteine precipitano a temperature elevate. Questi legami infatti si rompono con il riscaldamento e generano gruppi -SH stabili provocando la precipitazione delle proteine del siero; questo è il meccanismo che sta alla base della produzione della ricotta. Con l'eccessivo riscaldamento del latte inoltre si genera un' interazione molto forte mediante ponti disolfuro tra k-caseina e β lattoglobulina ostacolando l'azione della chimosina (Salvadori Del Prato, 1998).

Le proteine del latte sono caratterizzate da diversi polimorfismi all'interno della stessa proteina dovuti a varianti genetiche che influenzano le caratteristiche tecnologiche in sede di caseificazione. I polimorfismi più importanti e più influenti in termini di attitudine casearia del latte riguardano la k-caseina, la β caseina e la β lattoglobulina. Ogni tipo di caseina tuttavia ha le sue varianti genetiche, che si esprimono con differenze minime nella sequenza amminoacidica mediante l'espressione di un unico gene che presenta due o più varianti geniche o alleli. Per quanto riguarda la k-caseina le varianti più diffuse sono la A e la B con tre combinazioni possibili: omozigote AA, omozigote BB, eterozigote AB (che determina la produzione di k-caseina in entrambe le forme). Da risultati ottenuti da varie ricerche (Mariani, 1997; Bittante, 2003) si è potuto constatare che la variante B della k-caseina risulta più adatta alle produzioni casearie, aumentando la velocità di formazione del coagulo e la forza dello stesso, essendo più sensibile all'azione del caglio, aumentando la resa per la maggiore quantità di caseina presente, velocizzando lo spurgo della cagliata migliorando quindi le caratteristiche reologiche in fase di stagionatura dei formaggi grana. Caratteristiche migliori in sede di caseificazione sono dovute anche alla presenza di β caseina B e di β lattoglobulina B.

La distribuzione di queste varianti genetiche risulta visibilmente diversa tra le varie razze, determinando razze mediamente più portate a produrre latte ad alta attitudine casearia rispetto ad altre. La razza bruna ad esempio presenta una frequenza di k-caseina B intorno al 50% contro meno del 30% della frisona, mentre per quanto riguarda la β caseina B la razza bruna presenta una frequenza di circa il 20% contro il 5% della frisona, dimostrando a seguito di varie prove di possedere una migliore attitudine alla caseificazione (Mariani, 1997).

Lipidi

I lipidi nel latte costituiscono una frazione importante, dal 3 a 4,6% in quello bovino, di cui fanno parte i grassi o trigliceridi che rappresentano il 98% del totale; essi sono

costituiti da una molecola di glicerolo esterificata da tre acidi grassi, i quali possono essere saturi o insaturi. Oltre ai grassi nel latte vi sono anche altri lipidi semplici come gli steroli e i carotenoidi, e lipidi complessi quali i fosfolipidi. Della componente lipidica del latte fanno parte anche quelle vitamine dette liposolubili (A, D, E, K) che si trovano perciò associate ai grassi.

Nei grassi del latte la componente di acidi grassi varia a causa di diversi fattori quali la razza, l'alimentazione, lo stato di lattazione e presenta una grande varietà con più di 50 acidi grassi diversi individuati. Nel latte c'è una proporzione di 2/3 di acidi grassi saturi e 1/3 di insaturi ed un elevato contenuto di acidi grassi volatili a basso peso molecolare come l'acido butirrico a 4 atomi di carbonio. Molto importante nel definire le proprietà fisiche del grasso del latte è anche la presenza di acido palmitico e stearico che sono insaturi e hanno elevato peso molecolare presentandosi allo stato solido fino ai 60°C, consentendo al grasso del latte di avere un punto di fusione piuttosto alto, intorno ai 29-34°C.

Il grasso si presenta nel mezzo in emulsione sotto forma di globuli del diametro medio di 3 µm, ma variabile da 0,1 a 10 µm. Più il latte è ricco di grasso più i globuli sono di grosse dimensioni, limitando così la superficie e quindi i fenomeni di irrancimento.

La struttura di questi globuli è lamellare concentrica, presentando una sovrapposizione di strati con più internamente i trigliceridi bassofondenti mentre all'esterno quelli altofondenti. La membrana dei globuli, spessa circa 10 nm, è composta da lipoproteine e fosfolipidi, che grazie alle loro proprietà emulsionanti riescono ad interfacciarsi tra i grassi e il mezzo acquoso mantenendo stabile l'emulsione. La membrana contiene anche carotenoidi e steroli tra i quali il colesterolo è il più abbondante. Questo lipide rappresenta un precursore di molti ormoni e della vitamina D, inoltre svolge un'azione stabilizzante ed emulsionante e ha effetto inibitore sulle lipasi.

Nelle prime parti della caseificazione generalmente il grasso non prende parte ad attività importanti, esso però viene inglobato ed entra a far parte del reticolo caseinico influenzandone la struttura e la consistenza, svolgendo un ruolo importante in fase di maturazione e stagionatura, influenzando in maniera determinante le caratteristiche organolettiche del prodotto finito (Salvadori Del Prato, 1998).

Lattosio

Gli zuccheri costituiscono circa il 5% del latte e sono rappresentati quasi esclusivamente dal lattosio, anche se nel latte sono presenti tracce di glucosio e galattosio, i due

monosaccaridi esosi che lo costituiscono mediante un legame β 1-4. Chimicamente il lattosio si definisce un 1- β galattopiranosil-4 (β) glucopiranosio in cui il gruppo carbonilico del galattosio si impegna nel legame, mentre quello del glucosio è libero e conferisce proprietà riducente potendo generare isomeri α e β . Oltre a questi due isomeri, che in equilibrio mantengono la proporzione dei 37,75% per l' α e 62,25% per il β che è molto più solubile, nel latte si presenta anche una forma idrata. Nel complesso ha una solubilità pari a 1/10 rispetto al saccarosio, e un potere dolcificante pari a 1/5.

Questo glucide è molto importante dal punto di vista nutrizionale in quanto fornisce al neonato il galattosio, fondamentale per la costituzione delle guaine mieliniche, inoltre fornisce una buona dose di energia disponibile velocemente (4 kcal/g). Al di là del ruolo nutrizionale che riveste, il lattosio ha una certa rilevanza anche tecnologica essendo responsabile di alterazioni organolettiche nel latte a seguito del riscaldamento, ed essendo il principale substrato a disposizione dei batteri nelle fermentazioni del latte e in caseificazione.

Questo disaccaride viene idrolizzato ad opera dell'enzima β -galattosidasi e scomposto nei due monomeri che lo costituiscono. Questo processo sta alla base della produzione del latte delattosato, indicato per chi non produce abbastanza β -galattosidasi risultando intollerante al lattosio.

Come già accennato a seguito di un riscaldamento eccessivo e in dipendenza dal pH del mezzo, il lattosio va incontro a una serie di reazioni che coinvolgono anche diverse sostanze azotate, con produzione di diversi composti che determinano sapore e odore di latte cotto oltre ad un imbrunimento del colore. Queste reazioni prendono il nome di reazione di Maillard.

Il lattosio è la principale fonte energetica e di carbonio per le fermentazioni in sede di produzione di yogurt, latti fermentati e formaggi, sia esse positive (lattica, latte-alcolica, propionica) sia esse negative (butirrica e propionica se causa di gonfiore tardivo nei formaggi stagionati) (Salvadori Del Prato, 1998).

Sali minerali

Il latte contiene circa l'1% di sali soprattutto inorganici o minerali, ma anche piccole quantità di sali organici. Questa percentuale e le proporzioni in cui è ripartita sono pressoché stabili nell'arco della lattazione e non sono quasi per niente influenzate dall'alimentazione degli animali, anche se ci sono delle eccezioni: in fase colostrale

infatti il secreto delle ghiandole mammarie è molto più ricco di componenti minerali, e il latte mastitico è generalmente più salato di un latte normale.

Sodio, calcio, fosforo, magnesio, potassio, zolfo e citrato sono considerati macroelementi con concentrazioni esprimibili in g/L, mentre zinco, silicio, arsenico, cobalto, rame, manganese, molibdeno, boro, bromo, iodio sono i principali microelementi misurabili in µg/L.

Sono due le forme fondamentali in cui si trovano i sali minerali nel latte: in soluzione vera e in forma colloidale ossia legati a grassi e proteine. La fase colloidale permette ad alcuni minerali come il fosfato di disperdersi nel mezzo ad una concentrazione superiore alla propria solubilità.

Gli elementi più importanti, anche per la caseificazione, sono il calcio e il fosforo e si presentano nel latte in varie forme. Il calcio si trova in forma ionica come catione, in forma solubile come citrati e fosfati di calcio, e in forma colloidale legato alla caseina o nei ponti di apatite con il fosforo. Quest'ultimo è l'elemento che presenta più forme di combinazione nel latte. Si può infatti distinguere una forma organica del fosforo legata alla serina degli amminoacidi oppure in emulsione tramite il legame con le membrane dei globuli di grasso, e una forma inorganica che si manifesta nei ponti di apatite con il calcio legato alla caseina (fosforo colloidale) oppure in forma solubile come fosfato di calcio. Gli equilibri tra varie forme del calcio e tra le due forme inorganiche del fosforo si spostano influenzate molto pesantemente dalle variazioni di pH e temperatura, che di conseguenza influiscono anche sull'attitudine alla caseificazione. In caso di trattamenti termici spinti l'equilibrio si sposta verso la forma colloidale di calcio e fosforo inibendo la coagulazione (Salvadori Del Prato, 1998).

Vitamine

Le vitamine sono molecole di piccole dimensioni che hanno un rapporto stretto con gli enzimi in quanto in molti casi si tratta di cofattori enzimatici. Il latte ne è ricchissimo tanto da essere ritenuto uno dei migliori alimenti vitaminici anche se non è completo. Si possono distinguere vitamine liposolubili (A, D, E, K) associate ai grassi e vitamine idrosolubili (gruppo B, PP, C, H, ac. pantotenico, ecc.). Dal punto di vista tecnologico è utile attuare una divisione delle vitamine in base alla loro resistenza al calore, distinguendo le vitamine termolabili (D, C, K, ac. pantotenico) da quelle termostabili (A, E, F, gruppo B, PP, H). Si può quindi dedurre che alcuni trattamenti termici possono

essere deleteri per il contenuto di questi elementi come anche alcuni processi ossidativi causati dall'eccessiva esposizione alla luce.

Alcune vitamine sono molto importanti per la carica microbica del latte basti pensare che l'acido pantotenico è un importante fattore di crescita per i batteri del genere *Lactobacillus* (Salvadori Del Prato, 1998).

Enzimi

Il latte contiene una gran varietà di enzimi attivi i quali svolgono diverse funzioni; essi si possono suddividere in ossidoriduttasi ed idrolasi. Alcuni enzimi degradano delle sostanze del latte svolgendo azioni importanti soprattutto in fase di maturazione dei formaggi (proteasi e lipasi); altri vengono utilizzati come controllo dei trattamenti termici subiti dal latte perché hanno una certa stabilità al calore (fosfatasi alcalina); ci sono enzimi che danno un'indicazione sulla qualità igienica del latte in quanto la loro quantità dipende dalla carica microbica e leucocitaria (catalasi e lattoperossidasi); altri invece servono ad identificare latte di diverse specie (xantinaossidasi); infine ci sono enzimi come il lisozima ad attività battericida (Salvadori Del Prato, 1998).

Cellule somatiche

Queste cellule in sospensione nel latte hanno origine dal sangue e dalla linfa e sono costituite da leucociti e linfociti ma possono, in misura minore, avere origine dallo sfaldamento delle cellule epiteliali della mammella. Nel caso in cui questa presenti malattie infiammatorie come le mastiti, il numero di cellule somatiche ovviamente cresce fino ad alcuni milioni per millilitro. In caso di mastite l'elevato tasso di cellule somatiche è accompagnato da un aumento del contenuto salino, da una diminuzione del calcio, da un pH più basico del mezzo e da una minore produttività dovuta alla riduzione di tessuto secernente. Il numero di cellule somatiche è quindi indice di funzionalità mammaria utile a diagnosticare eventuali infezioni, nonché un indice di qualità tecnologica, in quanto un'elevata quantità di cellule si traduce in una minore resa in caseificazione, a causa oltretutto dell'azione degradante a danno delle proteine da parte della plasmina, una proteasi alcalina proveniente dal siero del sangue (Bastian et al., 1991), e degli enzimi proteolitici liberati dall'autolisi dei leucociti.

Il tasso di cellule somatiche deve perciò essere il più basso possibile anche se non risulterà mai uguale a zero: le norme europee pongono un limite massimo di 400.000 per millilitro per il latte bovino destinato al caseificio.

Esistono diversi metodi per separare le cellule somatiche dal latte come l'affioramento, la microfiltrazione e la bactofugazione, ma fondamentale rimangono sempre gli aspetti gestionali legati all'allevamento e il mantenimento di condizioni igieniche impeccabili in stalla (Salvadori Del Prato, 1998; Bittante et al., 2003).

1.3 Attitudine casearia e resa

In un paese come l'Italia in cui le produzioni lattiero casearie occupano uno spazio importante dell'economia si rivolgono sempre più attenzioni all'attitudine in caseificazione del latte ed alla resa in formaggio che ne deriva. Per attitudine casearia si intende quella capacità che il latte ha di reagire con il caglio per dare un coagulo il più possibile forte, e con un'ottima capacità e velocità di spurgo del siero, caratteristica questa molto importante soprattutto nella produzione di formaggi a lunga stagionatura.

L'attitudine casearia può essere misurata mediante vari metodi, il più attendibile e il più usato è quello lattodinamografico. Si tratta di un metodo con rilevazioni meccaniche attraverso uno strumento chiamato lattodinamografo, che registra le variazioni di consistenza nel tempo di campioni di latte che stanno coagulando. Questa analisi ci fornisce tre dati significativi al fine di valutare l'attitudine casearia che vanno a costituire un grafico detto tromboelastografo (fig. 1.2). I parametri rilevati sono:

- R (tempo di coagulazione) ossia il tempo che intercorre tra l'inserimento del caglio e l'inizio della coagulazione presamica;
- K_{20} (tempo di rassodamento del coagulo) ossia il tempo che intercorre tra l'inizio della coagulazione e il momento in cui la cagliata raggiunge una consistenza di 20 mm;
- a_{30} (consistenza del coagulo) misurato in mm indica la consistenza del coagulo a 30 minuti dall'inserimento del caglio.

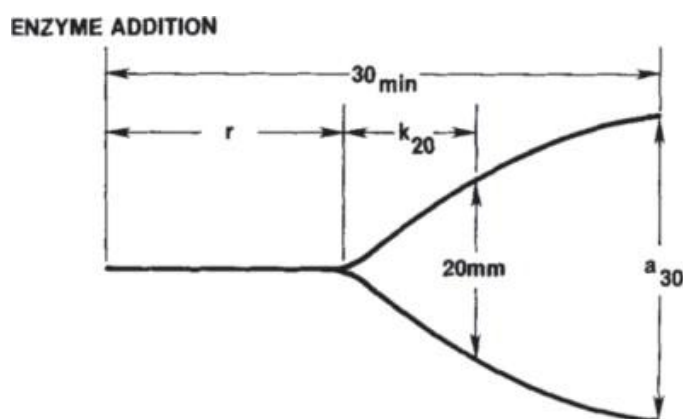


Figura 1.2. Tracciato tromboelastografico (www.journalofdairyscience.org).

Dai dati che ci vengono forniti dall'analisi lattodinamografica si può classificare il latte analizzato utilizzando 6 classi principali, dalla A alla F, in cui la prima è rappresentata da

un latte ottimale che coagula in breve tempo (tra gli 11,5 e i 18 minuti) e ha una buona consistenza del coagulo, mentre l'ultima è rappresentata da un latte non idoneo alla caseificazione in quanto ha tempi di coagulazione molto lunghi e dà cagliate quasi inconsistenti. La classe FF addirittura non coagula (Dalla Riva, 2011).

Oltre ad utilizzare strumenti meccanici negli ultimi anni si stanno sviluppando anche strumenti ottici a raggi infrarossi, tarati con modelli matematici sviluppati a partire dal confronto con i risultati ottenuti dagli strumenti tradizionali (Pretto et al., 2011).

La resa casearia è un aspetto legato direttamente all'attitudine casearia del latte e consiste nei chilogrammi di formaggio ricavati da 100 kg di latte, ed è determinata dal suo contenuto di proteine e di grasso (Pretto et al., 2012; Formaggioni, 2008). Quando le caseine coagulano infatti creano una maglia in cui rimangono intrappolati i globuli di grasso che contribuiscono così alla resa finale. Un eccessivo contenuto di lipasi e proteasi microbiche, dovuto ad una scarsa condizione igienica del latte destinato alla caseificazione, può ridurre la resa oltre a generare composti sgradevoli dal punto di vista organolettico (Skeie, 2007).

Per ogni tipologia di formaggio la tecnologia di produzione cambia così come variano altri parametri, come ad esempio il titolo di grasso del latte utilizzato, dunque anche la resa cambia in base al formaggio che si deve produrre. Infatti risultano molto influenti sulla resa parametri come la temperatura di trattamento del latte, l'acidificazione, i tempi di lavorazione. Il riscaldamento eccessivo per esempio può avere effetti deleteri per l'attitudine casearia a causa dell'insolubilizzazione del calcio (Salvadori Del Prato, 1998), quindi la resa è diversa da un formaggio prodotto a partire da latte crudo rispetto ad un formaggio in cui il latte di partenza sia stato sottoposto a trattamento termico (Lucey and Kelly, 1994).

Come già più volte detto è la frazione proteica che gioca un ruolo chiave nello stabilire la qualità di un latte destinato al caseificio, dunque l'alta percentuale di caseina e la presenza di polimorfismi di tipo B, ma questo non è tutto. La composizione minerale per esempio è fondamentale, soprattutto per quanto riguarda le concentrazioni di calcio e di fosforo allo stato colloidale, fondamentali per la stabilità delle micelle di caseina. Essendo pH e temperatura due agenti fisici molto influenti sulle forme in cui questi due elementi si trovano nel mezzo, essi rivestono un ruolo importante nel determinare l'attitudine casearia. Se si acidifica il mezzo (pH 5,6) si ottiene un'elevata instabilità delle micelle di caseina in quanto il calcio e il fosforo si solubilizzano passando il primo alla forma ionica, il secondo sotto forma di fosfato di calcio, facendo diminuire il tempo di

coagulazione. Al contrario, con un aumento del pH e con il riscaldamento prevalgono le forme colloidali dei due elementi che rendono meno reattiva la caseina quindi più difficile o addirittura impossibile la caseificazione (Salvadori Del Prato, 1998; Gaucheron, 2005). Un elevata presenza di calcio solubile unita al giusto pH e alla giusta temperatura consentono quindi di migliorare i tempi di coagulazione in sede di caseificazione (Nàjera et al., 2002).

I cloruri, spesso associati a latti di vacche affette da mastiti, hanno un effetto negativo sulla produzione di formaggio e una relazione contrastante con il contenuto di fosforo (Mariani et al., 1999), inoltre contrastano l'azione della chimasi sulla k-caseina e rallentano l'aggregazione delle micelle di paracaseina. Un elevata presenza di cellule somatiche inoltre, è collegata al rallentamento della formazione del coagulo e ad una minore consistenza dello stesso (Politis et al., 1988), oltre che ad una scarsa resa ed una qualità del prodotto finito scadente dovute a perdite di grasso e proteine, maggior trattenuta del siero e sviluppo di flora microbica indesiderata (Dalla Riva, 2011).

L'attitudine casearia del latte è influenzata da diversi fattori legati direttamente agli animali che lo producono e all'ambiente in cui essi vivono.

Molto importante è il ruolo rivestito della razza. Non tutte le razze bovine infatti producono latte uguale sotto l'aspetto dell'attitudine casearia, ci sono infatti tipi genetici con una più alta predisposizione alle produzioni casearie nonostante una produzione non elevata, come alcune razze autoctone delle zone montuose del nord Italia ad esempio la Rendena e la Grigio Alpina (De Marchi et al., 2007). Tra le razze ad ampia diffusione è molto ricorrente il confronto tra la razza Bruna e la razza Frisona, con la prima che produce un latte qualitativamente migliore rispetto alla seconda grazie a maggiori titoli di grasso e proteine, minor presenza di cellule somatiche, e maggior frequenza della forma B della k-caseina e della β caseina, garantendo una resa in formaggio superiore anche del 15% (De Marchi et al., 2007; Mariani, 1997). Viste le alte produzioni di una razza come la Frisona, negli ultimi anni alcune aziende operanti nel settore della genetica animale come Intermizoo stanno cercando di invertire una tendenza che sta portando ad uno scadimento progressivo della qualità del latte in sede di caseificazione, con tentativi di selezione genetica finalizzati a migliorare l'indice di attitudine casearia all'interno della popolazione di Frisone in Italia. Questo può avere pesanti risvolti economici sia per quanto riguarda i ricavi dei caseifici sia per quanto riguarda la retribuzione delle stalle. (Informatore Zootecnico, 2012).

L'attitudine casearia è influenzata anche dalla stagione in cui è prodotto il latte, che risulta di inferiore qualità durante i periodi estivi, causa di stress fisiologico per le lattifere e di una maggiore incidenza di mastiti (Cecchi et al., 2003; Malacarne et al., 2005). Sono stati eseguiti degli studi anche per quanto riguarda l'influenza sull'attitudine casearia dell'ordine e dello stadio di lattazione, che influenzano il contenuto proteico del latte e la presenza di cellule somatiche, e si è visto come ad esempio il latte delle primipare sia qualitativamente migliore rispetto a lattifere oltre il secondo parto (Cecchi et al., 2003), e che il latte in tarda lattazione ha un tempo di coagulazione un po' più lungo, ma un tempo di rassodamento più basso e una forza del coagulo più elevata per la maggior concentrazione di caseine (Summer et al., 2003). Continuando a focalizzare l'attenzione sugli aspetti legati all'allevamento delle bovine si può individuare, come fattore che influenza la composizione chimico-fisica del latte, l'alimentazione degli animali. Di norma infatti un'alimentazione più energetica porta, oltre ad una maggiore produzione, anche ad un maggior contenuto proteico e ad un maggior contenuto di calcio nel latte migliorandone l'attitudine casearia, e come un'alimentazione a base di foraggi a fibra lunga contribuisca ad incrementarne il titolo di grasso influenzando positivamente la resa (Dalla Riva, 2011; Bittante et al., 2003).

1.4 Grana Padano D.O.P.

Il Grana Padano è una delle più rappresentative eccellenze dell'agroalimentare italiano essendo il formaggio a denominazione di origine protetta più venduto al mondo. Nato quasi mille anni fa ad opera dei monaci cistercensi dell'abazia di Chiaravalle, a seguito dell'esigenza di conservare a lungo il latte prodotto in eccedenza, gli viene riconosciuta la DOP nel 1996.

E' la prima DOP per fatturato in Italia occupando oltre il 20% del peso economico delle denominazioni di origine italiane con un valore di 1,4 miliardi di euro alla produzione. Ogni anno ne sono prodotte oltre 150.000 tonnellate esportate in tutto il mondo (Qualivita-Ismea, 2012).

Disciplinare di produzione

Art. 1

La denominazione di origine protetta GRANA PADANO si riferisce al formaggio prodotto durante tutto l'anno con latte crudo di vacca parzialmente decremato mediante affioramento naturale, a pasta cotta, duro e a lenta maturazione, usato da tavola o da grattugia, e che risponde alle condizioni ed ai requisiti stabiliti dal presente disciplinare di produzione.

Art. 2

Le caratteristiche del prodotto al momento dell'immissione al consumo sono:

- forma: cilindrica, scalzo leggermente convesso o quasi dritto, facce piane, leggermente orlate;
- diametro della forma: da 35 a 45 cm;
- altezza dello scalzo: da 18 a 25 cm, con variazioni per entrambi, in più o in meno, in rapporto alle condizioni tecniche di produzione;
- peso: da 24 a 40 kg da intendersi riferito al peso medio dell'intera partita sottoposta a espertizzazione con una tolleranza del 2,5% della singola forma, purché le forme che beneficiano della tolleranza siano parte di una intera partita la quale rientri nei parametri succitati;
- crosta: dura e liscia, con spessore di 4-8 mm;
- pasta: dura, con struttura finemente granulosa, frattura radiale a scaglia e occhiatura appena visibile;

- grasso sulla sostanza secca: minimo 32%;
- colore della crosta: scuro o giallo dorato naturale; è espressamente esclusa qualsiasi tintura artificiale;
- colore della pasta: bianco o paglierino;
- aroma: fragrante;
- sapore: delicato.

La composizione amminoacidica specifica del formaggio GRANA PADANO D.O.P. risulta depositata presso il Consorzio per la Tutela del Formaggio GRANA PADANO e presso il Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali e determinata mediante impiego della cromatografia a scambio ionico con rilevazione fotometrica post-colonna con ninidrina. La composizione isotopica specifica del formaggio GRANA PADANO D.O.P. risulta depositata presso il Consorzio per la Tutela del Formaggio GRANA PADANO e presso il Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali e determinata con metodiche di spettrometria di massa su rapporti isotopici (IRMS).

Il contenuto di lisozima nel prodotto finito - ove impiegato in caseificazione - misurato con cromatografia liquida in fase inversa e rilevazione in fluorescenza, deve essere corrispondente alla quantità dichiarata e verificata nel processo di caseificazione.

Il GRANA PADANO D.O.P. nella tipologia “grattugiato” è ottenuto esclusivamente da formaggio intero già certificato. Nei limiti e alle condizioni specificate al successivo Art. 7, è tuttavia consentito l’utilizzo degli sfridi provenienti dal taglio e confezionamento di “Grana Padano” in pezzi a peso variabile e/o peso fisso, blocchetti, cubetti, bocconcini etc. per la produzione di “Grana Padano” grattugiato. Le operazioni di grattugia devono essere effettuate nell’ambito della zona di produzione del GRANA PADANO D.O.P.. Il confezionamento deve avvenire immediatamente, senza nessun trattamento e senza aggiunta di altre sostanze.

Ferme restando le caratteristiche tipiche del GRANA PADANO D.O.P. la tipologia “grattugiato” deve presentare le seguenti caratteristiche:

- umidità: non inferiore al 25% e non superiore al 35%;
- aspetto: non pulverulento ed omogeneo, particelle con diametro inferiore a 0.5 mm non superiori al 25%;
- quantità di crosta: non superiore al 18%.

Art. 3

La zona di produzione e di grattugiatura del GRANA PADANO D.O.P. è il territorio delle province di Alessandria, Asti, Biella, Cuneo, Novara, Torino, Verbania, Vercelli, Bergamo, Brescia, Como, Cremona, Lecco, Lodi, Mantova a sinistra del Po, Milano, Monza, Pavia, Sondrio, Varese, Trento, Padova, Rovigo, Treviso, Venezia, Verona, Vicenza, Bologna a destra del Reno, Ferrara, Forlì, Cesena, Piacenza, Ravenna e Rimini, nonché i seguenti comuni della provincia di Bolzano: Anterivo, Lauregno, Proves, Senale-S. Felice e Trodena.

Art. 4

Il formaggio GRANA PADANO D.O.P. è prodotto a partire da latte crudo di vacca proveniente da vacche munte due volte al giorno e che, ad esclusione del latte prodotto nell'area del Trentingrana, non si avvalga delle deroghe previste dalla vigente normativa sanitaria per quanto riguarda la carica batterica totale e il tenore di cellule somatiche. La raccolta del latte deve avvenire entro le ventiquattro ore dall'inizio della prima mungitura. L'alimentazione base delle bovine da latte è costituita da foraggi verdi o conservati, e viene applicata alle vacche in lattazione, agli animali in asciutta ed alle manze oltre i 7 mesi di età. L'alimentazione delle vacche da latte si basa sulla utilizzazione di alimenti ottenuti dalle coltivazioni aziendali o nell'ambito del territorio di produzione del latte del GRANA PADANO D.O.P., come individuato all'articolo 3.

Nella razione giornaliera non meno del 50% della sostanza secca deve essere apportata da foraggi con un rapporto foraggi/mangimi, riferito alla sostanza secca, non inferiore a 1. Almeno il 75% della sostanza secca dei foraggi della razione giornaliera deve provenire da alimenti prodotti nel territorio di produzione del latte, così come individuato all'art. 3.

I Foraggi ammessi sono:

Foraggi freschi - foraggi freschi da prati stabili od artificiali o sfalciati. Le essenze foraggere idonee sono: erbe di prato stabile polifita, di medica, trifoglio; erbai singoli od associati composti da loietto, segale, avena, orzo, granturchino, frumento, sorgo da ricaccio, mais, panico, erba mazzolina, festuca, fleolo, lupinella, pisello, veccia e favino.

Fieni: ottenuti dall'essiccamento in campo, con tecniche di aeroessiccazione o per disidratazione, delle essenze foraggere utilizzabili come foraggi verdi.

Paglie: di cereali quali frumento, orzo, avena, segale, triticale.

Insilati, non ammessi per la produzione della tipologia Trentingrana: trinciato di mais, fieni silo.

Di seguito è riportato l'elenco delle materie prime per mangimi, raggruppate per categorie, ammesse ad integrazione dei foraggi, nell'alimentazione delle vacche in

lattazione, degli animali in asciutta e delle manze oltre i 7 mesi di età destinate alla produzione del latte per la trasformazione in formaggio GRANA PADANO D.O.P..

Cereali e loro derivati. Mais, orzo, frumento, sorgo, avena, segale, triticale: granelle, sfarinati e relativi derivati sia essiccati che insilati, compresi gli schiacciati, i derivati trattati termicamente come fiocchi, gli estrusi, i micronizzati. Pastoni di mais: spiga integrale del mais sfarinata in pastone integrale di mais o in pastone di pannocchia; granella umida sfarinata in pastoni di farina umida.

Semi oleaginosi loro derivati. Soia, cotone, girasole, lino: granelle, sfarinati e relativi derivati, quali farine di estrazione espeller, sottoposti anche a trattamenti termici.

Tuberi e radici, loro prodotti. Patata e relativi derivati.

Foraggi disidratati. Essenze foraggere: paglia di cereali, tutolo di mais, pianta integrale di mais, tal quali, trinciati, sfarinati o pellettati.

Derivati dell'industria dello zucchero. Polpe secche esauste, polpe secche semizuccherine, polpe melassate; melasso e/o derivati: solo come adiuvanti tecnologici ed appetibilizzanti pari ad un valore massimo del 2,5% della sostanza secca della razione giornaliera.

Semi di Leguminose, carrube. Pisello proteico, fave, favino: granelle, sfarinati e relativi derivati. Carrube: essiccate e relativi derivati.

Grassi. Grassi di origine vegetale con numero di iodio non superiore a 70, acidi grassi da oli di origine vegetale con acidi grassi tal quali o salificati. Sono ammessi oli di pesce come supporti per “additivi” e “premiscele”.

Minerali. Sali minerali autorizzati dalla vigente legislazione.

Additivi. Vitamine, oligoelementi, amminoacidi (rumino-protetti), aromatizzanti, antiossidanti, autorizzati dalla vigente legislazione. Antiossidanti ed aromatizzanti sono ammessi solo quelli naturali o natural-identici.

Varie. È ammesso l'utilizzo di lievito di birra inattivato come supporto nelle “premiscele”.

Art. 5

Sono escluse le lavorazioni conto terzi o in affitto.

Il latte crudo, conservato alla stalla e trasportato, deve avere una temperatura non inferiore agli 8°C. È ammessa la lavorazione del latte di una singola munta o di due munte miscelate dopo averlo lasciato riposare e affiorare naturalmente. È pure ammessa la lavorazione del latte di due munte miscelate di cui una sola delle due è lasciata riposare e affiorare naturalmente.

Il latte deve essere parzialmente decremato mediante affioramento naturale, a temperatura compresa tra 8 e 20°C, in modo che il rapporto grasso/caseina nella caldaia sia compreso tra 0,80 e 1,05. Per il Trentingrana il rapporto grasso/caseina del latte in caldaia massimo è di 1,15. Detto rapporto è altresì consentito per ogni altro caso in cui il latte proveniente dalla miscela di due munte preveda che una delle due sia lasciata riposare. Il latte, dalla stalla alla sua lavorazione, non può subire alcun trattamento fisico, meccanico o termico, che ne modifichi lo status di latte crudo naturale. Il latte viene, quindi, messo nelle caldaie a campana rovesciata, in rame o con rivestimento interno in rame. È ammesso l'uso di lisozima, tranne che per il Trentingrana, fino ad un massimo di 2,5 g per 100 chilogrammi di latte. La coagulazione è ottenuta con caglio di vitello, previa aggiunta di siero innesto naturale.

Nei casi in cui si dovesse riscontrare un valore di acidità di fermentazione del siero innesto a 24 ore inferiore a 26° Soxhlet Henkel/50ml è ammessa, fino ad un massimo di dodici volte all'anno, l'aggiunta di batteri lattici autoctoni, quali *Lactobacillus helveticus* e/o *lactis* e/o *casei*, all'inizio della preparazione del siero innesto per il giorno successivo. La cagliata è rotta in granuli fini e cotta fino a quando i granuli diventano elastici, a una temperatura massima di 56°C e lasciata totalmente immersa nel siero, nella medesima caldaia, fino ad un massimo di 70 minuti a decorrere da fine cottura. Viene poi immessa nelle apposite fascere, per almeno 48 ore, che imprimono i contrassegni di origine e quindi in salamoia per un periodo di tempo fra i 14 e i 30 giorni a decorrere dalla messa in salamoia.

La maturazione naturale viene effettuata conservando il prodotto in ambiente con temperatura da 15° a 22°C per un periodo di nove mesi a decorrere dalla formatura.

Solo il formaggio che presenta un valore della fosfatasi alcalina nella parte di pasta situata ad un centimetro sotto crosta prelevata a metà altezza dello scalzo, misurato con metodo fluorimetrico, e comunque compatibile con l'impiego di latte crudo e che altresì rispetta tutti i parametri previsti dal presente disciplinare all'articolo 2 viene sottoposto ad espertizzazione, non prima del compimento dell'ottavo mese dalla formatura. L'espertizzazione darà quindi luogo alla marchiatura a fuoco, oppure darà luogo alla cancellazione dei contrassegni d'origine impressi dalle fascere, mediante retinatura o sbiancatura, qualora il prodotto non abbia le caratteristiche richieste dall'articolo 2.

Il prodotto non può essere commercializzato come GRANA PADANO D.O.P. prima del compimento effettivo del nono mese di età. Prima di detto termine il formaggio non può uscire dalla zona di produzione.

Art. 6

Il controllo per l'applicazione del presente Disciplinare di produzione è svolto conformemente a quanto stabilito dagli artt. 10 e 11 del Reg. CE n. 510/2006.

Art. 7

Il condizionamento del prodotto GRANA PADANO D.O.P., inteso come qualsivoglia tipologia e pezzatura - sia in porzioni che grattugiato, sia munito che privo di crosta (scalzo) - con impiego della Denominazione di Origine Protetta e del logo che lo contraddistingue, può avvenire unicamente ad opera di soggetti titolari di apposita autorizzazione al confezionamento rilasciata dal Consorzio di Tutela, soggetto riconosciuto e incaricato a svolgere le funzioni di cui all'art. 14, comma 15, della legge 21 dicembre 1999, n. 526.

Sono previste due distinte autorizzazioni al confezionamento, l'una relativa agli spicchi con crosta e l'altra relativa al grattugiato. Qualsiasi tipologia di prodotto confezionato che non riporti la crosta (bocconcini, tranci non muniti di crosta, scaglie o simili) è assimilata al grattugiato e soggetta alle prescrizioni previste per lo stesso.

L'autorizzazione al preconfezionamento non è richiesta nel solo caso del cosiddetto "preincartato", ossia qualora la confezione venga preparata nel punto vendita.

VINCOLI TERRITORIALI PER LA TIPOLOGIA "GRATTUGIATO"

Al fine di salvaguardare nel migliore dei modi la qualità, assicurare la rintracciabilità e garantire il controllo del prodotto, le autorizzazioni al confezionamento del formaggio GRANA PADANO D.O.P. per la tipologia "grattugiato" e per le tipologie ad esso assimilate potranno essere rilasciate unicamente a soggetti economici operanti all'interno della zona di produzione individuata all'articolo 3 e limitatamente allo stabilimento ubicato nella predetta zona. Per il rilascio delle autorizzazioni in questione sarà necessario il preventivo nulla osta da parte dell'Organismo di controllo incaricato, a seguito degli opportuni accertamenti da quest'ultimo effettuati presso la ditta richiedente.

LIMITI E CONDIZIONI PER L'UTILIZZO DEGLI SFRIDI DI GRANA PADANO D.O.P. NELLA PRODUZIONE DI GRANA PADANO "GRATTUGIATO"

L'utilizzo degli sfridi provenienti dal taglio e confezionamento di "Grana Padano" D.O.P. in pezzi a peso variabile e/o peso fisso, blocchetti, cubetti, bocconcini etc. per la produzione di "Grana Padano" grattugiato, è consentito unicamente alle seguenti condizioni:

a) Deve essere comunque rispettata la percentuale massima di crosta del 18%, di cui al precedente Art. 2.

b) Deve essere sempre garantita la tracciabilità delle forme intere di “Grana Padano” D.O.P. dalle quali provengono gli sfridi. A tale fine, per poter utilizzare gli sfridi delle lavorazioni è necessario compilare l’apposita scheda di lavorazione, fornita dal Consorzio di Tutela, riportando il numero di matricola del caseificio produttore, il mese e l’anno di produzione e gli estremi del documento di arrivo che consenta di risalire all’entrata delle forme in questione, nonché il quantitativo di sfridi ottenuti dalla lavorazione delle medesime.

c) Nel caso di impiego differito e/o di trasferimento da uno stabilimento all’altro, gli sfridi dovranno essere tenuti distinti per matricola e mese di produzione. Al fine di facilitare i controlli sui contenitori o sugli involucri contenenti gli sfridi, dovranno essere chiaramente indicati i rispettivi numeri di matricola del caseificio produttore, ed il relativo mese ed anno di produzione.

d) Il trasferimento degli sfridi è consentito soltanto nell’ambito della stessa azienda, o gruppo aziendale, ed unicamente all’interno della zona d’origine. E’ quindi vietata la commercializzazione degli sfridi da destinare alla produzione di “Grana Padano” grattugiato.

Art. 8

Il contrassegno ufficiale attestante il possesso dei requisiti che legittimano l’uso della Denominazione di Origine Protetta GRANA PADANO e che deve dunque comparire tanto sulle forme intere quanto su tutte le confezioni di formaggio GRANA PADANO D.O.P. in porzioni e grattugiato è costituito da un disegno romboidale, attraversato, in corrispondenza della diagonale minore, da una grande fascia delimitata da due strisce parallele superiori e da due strisce parallele inferiori; nel centro della fascia sono iscritte, disposte su due righe, le parole “GRANA” e “PADANO”, in carattere stampatello maiuscolo. Dentro gli angoli superiore e inferiore del romboide, aventi i vertici arrotondati, sono iscritte rispettivamente le iniziali “G” e “P”.

Il formaggio GRANA PADANO D.O.P. è individuato mediante i contrassegni:

A) SULLE FORME:

1 – della tipologia GRANA PADANO

Le fasce marchianti che imprimono a freddo il marchio di origine sulle forme all’atto della formatura si compongono di una serie di losanghe romboidali tratteggiate che riportano al loro interno alternativamente le parole “GRANA “ e “PADANO” scritte in caratteri maiuscoli e leggermente inclinati verso destra e tratteggiate, sfalsate tra loro e ripetute in continuo su tutto il giro della forma, salvo uno spazio vuoto destinato

all'apposizione del marchio a fuoco GRANA PADANO come sopra individuato; al centro figura un quadrifoglio, che riporta al suo interno, dall'alto in basso, le due lettere, in carattere maiuscolo, che costituiscono la sigla della provincia nella quale è situato il caseificio produttore, il numero di matricola del caseificio medesimo, composto di tre numeri, e la dicitura "DOP", oltre a due piccoli ovali e due piccoli cerchi che interrompono ciascuno una losanga tratteggiata, posti rispettivamente sopra e sotto e a destra e sinistra del numero di matricola; in basso alla sinistra del quadrifoglio figura il bollo CE, che identifica, ai fini sanitari, lo stabilimento di produzione, mentre sulla destra del quadrifoglio, sotto allo spazio riservato all'apposizione del marchio a fuoco GRANA PADANO, compare l'indicazione del mese e dell'anno di produzione, rispettivamente con tre lettere e due cifre. Quanto descritto e qui di seguito riprodotto si riferisce all'effetto finale sul formaggio, ma si precisa che nelle fascere l'ordine degli elementi citati appare invertito, ovvero il bollo CE figura alla destra del quadrifoglio e lo spazio per il marchio a fuoco e l'indicazione del mese ed anno di produzione si trovano alla sinistra del quadrifoglio medesimo.

2 – della tipologia TRENTINGRANA

Unicamente per il GRANA PADANO D.O.P. prodotto nella Provincia autonoma di Trento, nonché nell'intero territorio amministrativo dei comuni della provincia autonoma di Bolzano indicati all'articolo 3, e a condizione che nella produzione sia impiegato latte proveniente dagli allevamenti di vacche lattifere che insistono nelle vallate alpine del territorio medesimo, alimentate con foraggi con esclusione, per tutto l'anno, di insilati di ogni tipo, è consentito riportare i contrassegni di seguito descritti e riprodotti.

Le specifiche fasce marchianti previste per la tipologia TRENTINGRANA come sopra individuata si compongono di una fila in alto e una in basso di losanghe romboidali tratteggiate attraversate dalla parola "TRENTINO", scritta in caratteri maiuscoli e leggermente inclinati verso destra e tratteggiate; nella parte centrale, fra le forme stilizzate di alcune montagne, si leggono le parole "TRENTINO" scritte bifrontali; al centro figura un quadrifoglio, che riporta al suo interno, dall'alto in basso, le due lettere "TN" in carattere maiuscolo, sigla della provincia di Trento nella quale è situato il caseificio produttore, il numero di matricola del caseificio medesimo, composto di tre numeri, e la dicitura "DOP", oltre a due piccoli ovali e due piccoli cerchi posti rispettivamente sopra e sotto e a destra e sinistra del numero di matricola; in basso alla sinistra del quadrifoglio figura il bollo CE, che identifica, ai fini sanitari, lo stabilimento di produzione, mentre sulla destra del quadrifoglio, sotto allo spazio riservato all'apposizione del marchio a

fuoco GRANA PADANO, compare l'indicazione del mese e dell'anno di produzione, rispettivamente con tre lettere e due cifre.

L'azione identificativa dell'origine da parte delle fasce marchianti è integrata con l'apposizione di una placca di caseina, recante la scritta "GRANA PADANO", l'anno di produzione e un codice alfanumerico, che identifica in maniera univoca ogni singola forma, al fine di garantire in modo esatto la tracciabilità del prodotto.

Il formaggio "Grana Padano" stagionato per almeno 20 mesi dalla formatura all'interno della zona di produzione e che presenti le caratteristiche qualitative sottoriportate, può essere individuato come "RISERVA":

- scelto sperlato;
- pasta a grana evidente con chiara struttura radiale a scaglia;
- colore omogeneo bianco o paglierino;
- assenza di odori anomali;
- sapore fragrante e delicato.

L'appartenenza alla categoria "Grana Padano" RISERVA viene sancita da un secondo marchio a fuoco, apposto sullo scalzo delle forme a richiesta degli operatori, con le stesse modalità previste per l'apposizione del marchio D.O.P..

Il marchio in questione è costituito da un disegno circolare, attraversato trasversalmente al centro da una grande fascia delimitata da una striscia superiore e da una striscia inferiore parallele; nel centro della fascia è iscritta la parola "RISERVA", in carattere maiuscolo. Dentro la lunetta superiore sono iscritti la parola "OLTRE", in carattere maiuscolo, e il numero "20", mentre dentro quella inferiore è iscritta la parola "MESI", sempre in carattere maiuscolo.

Il marchio viene apposto in prossimità del quadrifoglio, dalla parte opposta a quella dove già figura il marchio a fuoco GRANA PADANO.

B) SULLE CONFEZIONI

Il formaggio confezionato dai confezionatori autorizzati deve riportare sulle confezioni il logo GRANA PADANO. Nella riproduzione sulle confezioni, il contrassegno ufficiale attestante il possesso dei requisiti che legittimano l'uso della Denominazione di Origine Protetta GRANA PADANO, così come descritto all'inizio del presente articolo, insiste su uno sfondo di colore pantone 109 c di forma corrispondente ma leggermente più ampio del tratto per il nero.

Per quanto riguarda il prodotto confezionato, previo accertamento dei requisiti di qualità mediante l'espertizzazione, sono previste le seguenti ulteriori categorie di prodotto: il "Grana Padano" OLTRE 16 MESI e il "Grana Padano" RISERVA.

Sulle confezioni contenenti il formaggio rientrante nella categoria "Grana Padano" OLTRE 16 MESI, il logo GRANA PADANO come sopra descritto è completato dalla specifica "OLTRE 16 MESI", disposta su una sola riga e realizzata in carattere nero e su sfondo giallo pantone 109 c, con le parole "OLTRE" e "MESI", in carattere maiuscolo, poste fra due strisce parallele una sopra e una sotto le parole medesime.

Sulle confezioni contenenti il formaggio rientrante nella categoria "Grana Padano" RISERVA, oltre al logo GRANA PADANO come sopra descritto, compare la riproduzione del marchio a fuoco RISERVA. Il logo in questione risulta così composto: disegno circolare, attraversato trasversalmente al centro da una grande fascia delimitata da una striscia superiore e da una striscia inferiore parallele; nel centro della fascia è iscritta la parola "RISERVA", in carattere maiuscolo. Dentro la lunetta superiore sono iscritti la parola "OLTRE", in carattere maiuscolo, e il numero "20", mentre dentro quella inferiore è iscritta la parola "MESI", sempre in carattere maiuscolo.

Il disegno in questione è realizzato in colore giallo pantone 109 c ed insiste su uno sfondo di colore nero di forma corrispondente ma leggermente più ampio del tratto per il giallo (www.granapadano.com)

1.5 Caseificio Sociale Ponte di Barbarano

Il Caseificio Sociale Ponte di Barbarano si trova nel comune di Barbarano Vicentino ed è l'unico caseificio situato nei Colli Berici. E' stato costituito il 30 gennaio 1922 da un gruppo di allevatori della zona. A partire dagli anni '50 il caseificio ha iniziato un processo di trasformazione che lo ha portato, anche grazie all'ingresso di nuovi soci, a incrementare la capacità operativa fino a diventare un'importante realtà industriale.

Dal 1998 al 2000 nuovi investimenti hanno consentito la riqualificazione di strutture ed impianti produttivi, con il rinnovo del sistema di conservazione e di trasporto del latte, l'ammodernamento della salina idrodinamica, e l'automatizzazione del reparto di affioramento del latte, oltre all'ampliamento e all'informatizzazione degli uffici amministrativi.

Nel 2001 il caseificio ha integrato la sua produzione con due DOP: Grana Padano e Asiago pressato, ottenendo la certificazione UNI EN ISO 9002:1994 integrata nel 2003 con la UNI EN ISO 9001:2000, a garanzia del rigore adottato in termini di qualità sia produttiva sia igienico-sanitaria. Alle due denominazioni di origine il caseificio affianca inoltre altre 15 linee di prodotto tra le quali le caciotte, la casatella, la ricotta, la mozzarella, lo stracchino, la tosella, il burro, il mascarpone, il Quadro del Ponte, la Latteria del Ponte; tutti prodotti con il latte dei circa 100 soci del caseificio. Per quanto riguarda la produzione di Grana Padano giornalmente nello stabilimento si lavorano circa 75000 litri di latte producendo oltre 160 forme.

Tutta la filiera produttiva riguardante la cooperativa, dall'allevamento degli animali, alla mungitura, alla trasformazione e distribuzione dei prodotti è sotto controllo allo scopo di mantenere ai massimi livelli gli standard igienici e qualitativi. A tal proposito il Caseificio Sociale Ponte di Barbarano ha realizzato uno stabilimento per la produzione di mangimi complementari: circa 150.000 quintali all'anno; questi vengono prodotti utilizzando materie prime di ottima qualità, sottoposte a costanti ed accurati controlli e vengono forniti agli allevatori per integrare l'alimentazione delle mandrie. Nella stessa direzione si colloca la scelta di un veterinario di fiducia del caseificio, incaricato di assistere tutti gli allevamenti che fanno capo alla cooperativa.

Per l'assorbimento della gran parte del siero residuo della lavorazione del latte, il Caseificio Sociale Ponte di Barbarano dispone di un allevamento complementare di suini che conta una media di 1000 capi.

Annesso allo stabilimento è presente un punto vendita, ristrutturato e ingrandito nel 1999, una moderna struttura commerciale che offre al dettaglio una vasta gamma di latticini. Oltre ai prodotti aziendali l'offerta comprende circa 200 diversi tipi di formaggio da latte di origine diversa. Dal punto di vista dell'economia aziendale il punto vendita ricopre una notevole importanza (www.caseificiobarbarano.it).

2. Obiettivi

La realtà del settore lattiero-caseario italiano impone di fare molta attenzione a determinati standard nella produzione del latte. Oltre il 70% della produzione di latte nazionale infatti è destinato alla nostra industria casearia per produzioni di qualità, ecco che diventano fondamentali concetti come attitudine alla caseificazione e resa in formaggio. Tali parametri risultano infatti fondamentali se si vuole puntare ad una crescita del settore, attraverso una massimizzazione delle risorse di produzione ed un incremento della qualità.

Per le aziende che producono latte destinato alla caseificazione questi parametri rivestiranno un ruolo sempre più importante, spingendole sempre di più a considerare aspetti della qualità del latte che fino agli ultimi anni non erano mai stati presi in considerazione. Questo dovrebbe avvenire anche grazie a nuovi sistemi di pagamento del latte già attuati da alcune latterie con i propri soci proprio al fine di spostare gli standard di produzione verso un latte a più alta resa in caseificio.

Scopo di questo lavoro è quello di studiare la resa casearia nella produzione di uno dei formaggi più importanti del nostro settore lattiero-caseario: il Grana Padano DOP.

In questo elaborato di tesi verrà fatta un'osservazione su quelli che sono i parametri fondamentali nel determinare l'attitudine casearia del latte e sull'importanza che essi possono rivestire nella resa in formaggio osservata a 48 ore e a 21 giorni dalla produzione. Inoltre, verranno confrontate le rese a 48 ore ottenute dalle pesate in caseificio con alcune rese predette mediante delle equazioni trovate in letteratura. Infine con il data set ottenuto dalle rilevazioni in caseificio è stata creata una nuova formula predittiva che tiene conto di alcuni parametri importanti per la determinazione della resa casearia: percentuale di grasso e caseina del latte, cellule somatiche e consistenza del coagulo (a_{30}).

3. Materiali e metodi

Descrizione della prova

Le attività necessarie alla stesura di questo elaborato sono state svolte presso il Caseificio Sociale Ponte di Barbarano nel comune di Barbarano Vicentino. Le sessioni di prova svolte sono state 2, la prima in Marzo, la seconda in Aprile e riguardavano la produzione di Grana Padano di 4 giorni per ciascuna sessione. Analizzando i dati dei controlli qualità, effettuati due volte al mese sul latte di massa di ciascuna azienda conferente, è stato possibile suddividere il latte di ogni giornata in due diversi affioratori (presenti in caseificio) in modo tale da avere due tipologie di latte con qualità diverse.

Ad ogni giornata di lavoro sono stati prelevati dei campioni lungo la fase di produzione riguardanti 10 caldaie, distribuite sul totale di circa 80 caldaie per la produzione giornaliera. Lo stesso campionamento è stato effettuato in entrambe le sessioni

Da ciascuna delle caldaie selezionate per i campionamenti sono stati prelevati due campioni di latte da 50 ml, un campione di latte da 100 ml. I campioni sono stati addizionati di conservante Azidol e mantenuti a temperatura di refrigerazione.

Oltre alla raccolta di campioni, il latte delle caldaie selezionate è stato sottoposto a rilevamento del pH prima e dopo il siero innesto, inoltre è stato rilevato il pH del siero e della cagliata durante il campionamento. Altra rilevazione di pH è stata effettuata al cuore di una delle due forme di ciascuna caldaia selezionata dopo 48 ore dalla produzione.

Al fine di calcolare la resa di caseificazione (quantità di formaggio per unità di latte caseificato) sono state effettuate delle pesate. La prima subito prima della salatura in salamoia circa dopo 48 ore dalla produzione appena tolte le fascere dalle forme, la seconda appena le forme sono uscite dalla salina per avviarsi verso le camere di stagionatura, dopo circa 21 giorni di salamoia. Il calcolo della resa è stato effettuato considerando i kg di formaggio prodotto da 100 litri di latte lavorato.

Tecnologia di caseificazione

La lavorazione del latte inizia circa alle 4:30 di ogni mattina dopo che il latte è rimasto negli affioratori per la separazione naturale della crema per un tempo di almeno 8 ore ad una temperatura tra gli 8 e i 20°C. Il latte crudo e scremato viene trasportato tramite dei tubi in caldaie a campana rivestite di rame da 10 ettolitri ciascuna. Ad inizio lavorazione

vengono controllati alcuni parametri come il pH del latte, e l'acidità titolabile (espressa in °SH/50 ml) del siero innesto e del latte addizionato di siero innesto. Le caldaie con sistema di riscaldamento a vapore vengono riempite una alla volta consentendo agli operatori di lavorare in maniera routinaria seguendo delle tempistiche stabilite dal disciplinare di produzione. Al latte di ogni caldaia viene addizionato il lisozima, il siero innesto ed il caglio quando la temperatura si aggira intorno ai 35°C, rispettando degli intervalli di tempo precisi. Una volta coagulato il latte, la cagliata viene rotta finemente mediante uno strumento chiamato “spino” per consentire un ottimale spurgo del siero, e poi, mantenuta in agitazione, lasciata cuocere nella caldaia a temperatura non superiore ai 56°C. A fine cottura quando la pasta è abbastanza elastica si lascia depositare nel fondo della caldaia ancora immersa nel siero per un tempo di circa un'ora. Da ogni caldaia le forme di Grana Padano che si ottengono sono due, dunque la cagliata depositatasi nel fondo viene tagliata a metà per poi essere recuperata e avvolta in un “fagotto” di lino al fine di sgrondare il primo siero. Mediante un trasportatore a rotaia le “masse caseose” avvolte nei teli vengono trasportate in una sala nella quale vengono disposte nelle apposite fascere che conferiscono la forma tipica al Grana Padano. Passate 48 ore, fondamentali per il rilascio di grossa parte del siero residuo, queste vengono trasportate nelle vasche di salatura in cui rimarranno completamente immerse in una soluzione satura di acqua e cloruro di sodio per un tempo variabile dai 20 ai 25 giorni. Una volta estratte dalla salamoia vengono risciacquate e portate nei locali di stagionatura.

Analisi di laboratorio

I campioni raccolti durante la lavorazione sono stati mantenuti alla temperatura di refrigerazione e lo stesso giorno del prelievo sono stati analizzati presso il laboratorio dell'Associazione Regionale Allevatori del Veneto (ARAV) sito a Padova in Corso Australia.

I campioni prelevati sono stati analizzati con i seguenti strumenti:

- 50 ml di latte con lattodinamografo;
- 50 ml di latte con Milkoscan FT6000;
- 100 ml di latte analizzati per rilevare il pH e l'acidità titolabile;

Con Milkoscan FT6000 (Foss, Denmark) sono stati rilevati parametri qualitativi del latte quali proteina, grasso, lattosio, caseina, cellule somatiche, acidi grassi liberi, acidi grassi saturi, insaturi, monoinsaturi, polinsaturi.

Per il calcolo dell'acidità titolabile è stato utilizzato lo strumento pH burette 24 1S (Crison strumenti) per una titolazione con NaOH.

L'analisi lattodinamografica è stata eseguita con Formagraph (Foss, Denmark) in un tempo di analisi di 60 minuti. Il caglio utilizzato per questa analisi è HANSEN™ NATUREN Ha-LA alla concentrazione dell'1,2% (NATUREN PLUS 215: Conservante: sodio benzoato E-211; Composizione: CHIMOSINA % 80±5; Forza titolo: 215 IMCU/ml-1:20000; Conservare a +4°C).

Equazioni di predizione

Le rese calcolate con i pesi delle due forme prodotte in ciascuna delle 80 caldaie su cui sono stati prelevati i campioni, sono state messe a confronto con alcune rese predette mediante equazioni trovate in letteratura o comunicate dal Prof. Cassandro.

Le tre formule comunicate dal Prof. Cassandro sono:

- Cassandro 1:

$$\text{Resa 24h} = -1.53701 + P * -0.153203 + \text{RTC} * 0.058159 + a_{30} * 3.464527;$$

- Cassandro 2:

$$\text{Resa 24h} = -3.39024 + P * 3.09051 + a_{30} * 0.06716;$$

- Alais:

$$\text{Resa 24h} = (G * 0.327 + P * 0.09) * 10;$$

dove P = percentuale di proteina; RTC = tempo di coagulazione; a_{30} = consistenza del coagulo; G = percentuale di grasso.

Le prime due equazioni sono state formulate per predire la resa a 24 ore del formaggio Asiago, mentre la terza è un'equazione adatta a predire la resa di formaggi freschi.

In letteratura sono state trovate le seguenti formule:

- Banks et al.:

$$\text{Resa 24h} = 1.58 * G + 1.23 * P;$$

- Van Slike:

$$\text{Resa 24h} = ((0.93 * G + C + 0.1) * 1.09 * 100) / (100 - U);$$

- Cusmano e Russo:

$$\text{Resa 24h} = (((G + C) / D) - (g / d)) * 1.824;$$

- Gabrielli e Massoni:

$$\text{Resa 24h} = (G + C * 1.1) / S;$$

- Aleandri et al.:

$$\text{Resa 6 mesi} = 2.83329 + 0.711144 * G + 0.179 * P^2;$$

dove G = percentuale di grasso; P = percentuale di proteina; C = percentuale di caseina; U = umidità del formaggio; D = densità del latte; g = percentuale di grasso del siero cotto; d = densità del siero cotto; S = contenuto di sostanza secca del formaggio diviso per il peso del formaggio ottenuto (Formaggioni et al., 2008). Queste equazioni sono state formulate per predire la resa di formaggi a pasta cotta e a lunga stagionatura, le formule di Aleandri et al. E di Cusmano e Russo inoltre sono state elaborate specificamente per il Parmigiano-Reggiano.

Non avendo tra i dati raccolti in caseificio alcuni parametri indispensabili per l'applicazione di queste equazioni di predizione, sono stati utilizzati dei valori medi compatibili con la tipologia di prodotto che si sta studiando. L'umidità del formaggio a 24 ore è stata posta uguale a 40%, la densità del latte uguale a 1.035, la percentuale di grasso nel siero uguale a 0.3%, la densità del siero uguale a 1.025, mentre per la sostanza secca del formaggio a 24 ore è stato preso un valore di 60% (Salvadori Del Prato, 1998).

Analisi statistica

Le analisi statistiche sono state condotte con il software statistico SAS (SAS 9.2, 2012).

La procedura di pulizia dei dati è stata improntata ad avere delle osservazioni che fossero attendibili con l'eliminazione delle osservazioni con valori incongruenti tra di loro e con ciò che si ritrova in letteratura.

La conta di cellule somatiche è stata trasformata in punteggio (somatic cell score, SCS) per trasformazione logaritmica in base 2.

Per sviluppare l'equazione di predizione presente in questo elaborato è stato preso in considerazione il modello utilizzato per un'altra tesi di laurea nella quale veniva analizzato lo stesso dataset ma considerando altri aspetti della resa.

Il modello finale usato è: $Y_{ijklmn} = \mu + DATA_i + Grasso_j + Caseina_k + SCS_m + a_{30n} + e_{ijklmn}$

Dove μ rappresenta la media del valore dell'intercetta, DATA rappresenta l'effetto fisso del i-esimo giorno di caseificazione (4 livelli), Grasso indica l'effetto fisso della j-esima classe di grasso del latte (3 livelli), Caseina rappresenta l'effetto fisso della k-esima classe di caseina del latte (3 livelli), SCS indica l'effetto fisso della l-esima classe di somatic

cells score (3 livelli), SCS è l'effetto fisso della m-esima classe di somatic cells score (3 livelli) e a_{30} è l'effetto fisso della n-esima classe di consistenza del coagulo (3 livelli). Per finire e_{ijklmn} rappresenta l'errore casuale residuo.

Sulla base della significatività dei singoli effetti è stata sviluppata, per questo elaborato, una regressione lineare sull'intero dataset di 80 campioni raccolti durante le due sessioni di produzione, utilizzando un procedura PROC REG con il software statistico SAS (SAS 9.2, 2012).

Sono state considerate come variabili indipendenti: grasso, caseina a_{30} e SCS.

La variabile dipendente considerata è stata la resa a 2 giorni.

L'equazione prodotta è:

$$\text{Resa 24h} = 1.93783 + (G * 0.96997) + (C * 1.64110) + (a_{30} * 0.00090167) + (SCS * -0.01637)$$

dove: G = percentuale di grasso; C = percentuale di caseina; a_{30} = consistenza del coagulo; SCS = somatic cell score.

Una volta prodotta, l'equazione è stata testata sul dataset e sono stati calcolati i residui tramite differenza tra il dato di resa misurato e quello predetto.

4. Risultati e discussione

Statistiche descrittive e correlazioni fenotipiche

La tabella 4.1 presenta le statistiche descrittive relative ai i caratteri considerati in questo lavoro di tesi. In questa tabella si possono osservare i valori medi, la deviazione standard, il valore minimo e massimo dei vari parametri tenuti in considerazione nelle 80 caldaie selezionate durante le due sessioni di prova, oltre alle rese calcolate su tali parametri.

Il valore medio di caseina risulta del 2.67%, dato che è stato riscontrato anche da Pretto et al. (2012) in un lavoro in cui si è studiato l'effetto delle caratteristiche di attitudine casearia del latte sulla resa del Grana Padano DOP. Invece in un lavoro di Mariani et al. (1997) in cui veniva separato il latte della razza Bruna da quello della razza Frisona, le medie della caseina risultavano rispettivamente di 2.63% e 2.36%.

Un altro parametro che influenza la resa è rappresentato dalle cellule somatiche qui riportato con il valore logaritmico SCS che in media risulta essere uguale a 2.55.

Per quanto riguarda il grasso è stato rilevato un valore medio di 2.63% a seguito dell'affioramento della crema, per la proteina un valore medio di 3.39 %, mentre per quanto riguarda RCT e a_{30} sono stati riscontrati valori medi rispettivamente di 20.06 minuti e di 34.18 millimetri con valori di massimo e minimo molto distanti tra loro Il dato sul tempo di coagulazione non si discosta di molto dal 19.27 pubblicato da Pretto et al. (2012), mentre il valore di a_{30} osservato in questo elaborato è superiore al 25.73 millimetri pubblicato sempre dal medesimo autore.

Per quanto riguarda la resa si possono osservare valori medi di 8.86% a 48 ore, e di 8.49% a 21 giorni ovvero dopo l'uscita del formaggio dalla salamoia, mostrando un calo medio di 4.14%. Pretto et al. (2012) riporta un valore medio a due giorni di 8.59 con una dispersione dei dati più elevata (min = 7.70%; max = 9.40%) rispetto alle rese ottenute dal lavoro qui descritto (min = 8.42%; max = 9.32%).

I dati relativi al lattosio, come ci si attendeva, non si discostano molto dal valore medio di 4.48%, come del resto i valori del pH del latte e del pH del formaggio a 48 ore dalla produzione. Questi in media risultano rispettivamente uguali a 6.71 contro il valore di 6.57 riportato da Pretto et al. 2012 e il valore di 6.75 riportato da Mariani et al. 1997 e 5.14.

Osservando le rese predette possiamo osservare che la più vicina al valore medio della resa a 48 ore, escludendo la resa di predizione PB (sviluppata sul data set del lavoro eseguito per questa tesi), è la resa calcolata con la formula di predizione sviluppata da Cusmano e Russo per la predizione della resa del Parmigiano-Reggiano. Le equazioni di Cassandro danno valori di resa più elevati rispetto alla resa reale, in quanto formulate per la predizione della resa del formaggio Asiago. Allo stesso modo la resa di Alais ha valore medio pari a 13.44%, in quanto si utilizza una formula adatta alla predizione di formaggi freschi.

Nella figura 4.1 sono riportati i grafici relativi ai parametri a_{30} , percentuale di grasso, percentuale di caseina e cellule somatiche (SCS). Questi parametri sono stati usati per costruire la formula di predizione PB.

Tabella 4.1 Statistiche descrittive relative al latte in caldaia, rese di caseificazione reali e predette.

Carattere	Media	DS	MIN	MAX	N. osservazioni
Grasso, %	2.63	0.11	2.29	2.77	80
Proteina, %	3.39	0.05	3.24	3.52	
Caseina, %	2.67	0.07	2.56	2.83	
Lattosio, %	4.85	0.04	4.68	4.95	
SCS	2.55	0.67	0.68	4.63	
pH latte	6.71	0.02	6.64	6.78	
RCT, min	20.06	1.63	17.15	25.15	
a ₃₀ , mm	34.18	5.95	16.58	48.84	
Latte caldaia, L	915.53	5.32	908.00	928.00	
Peso 48h, kg	81.13	1.55	77.10	86.00	
Resa 48h, %	8.86	0.15	8.42	9.32	
Resa 21d, %	8.49	0.14	8.08	8.89	
Resa 24h Banks et al., %	8.32	0.17	7.86	8.55	
Resa Cassandro 1, %	9.16	0.63	7.39	12.08	
Resa Cassandro 2, %	9.38	0.41	8.26	10.27	
Resa Alais, %	13.44	0.16	12.88	13.71	
Resa Van Slyke, %	9.47	0.16	9.16	9.72	
Resa Cusmano et al., %	8.80	0.16	8.47	9.05	
Resa Gabrielli et al., %	7.53	0.21	7.17	8.16	
Resa Aleandri et al., %	6.76	0.08	6.52	6.89	
Resa predizione PB, %	8.86	0.10	8.65	9.04	
Calo	-0.34	0.04	-0.48	-0.21	
Calo,%	4.14	1.59	2.26	6.66	
pH formaggio 48h	5.14	0.03	5.05	5.21	

¹ SCS = \log_2 (SCC/100.000); RCT, min = tempo di coagulazione; a_{30, mm} = consistenza del coagulo

² Resa predizione PB = resa predetta con formula di predizione sviluppata sul data set di questo lavoro svolto a Ponte di Barbarano

Osservando la tabella 4.2, relativa alle correlazioni tra i vari parametri considerati in questo elaborato, è facile notare come le percentuali di grasso e di caseina (e di conseguenza anche la percentuale di caseina) abbiano una correlazione positiva con la resa a 48 ore in formaggio, rispettivamente 0.343 e 0.288. La resa a 48 ore è correlata positivamente anche con il tempo di coagulazione e con la consistenza del coagulo, due dei principali caratteri per definire la resa casearia.

Le cellule somatiche, invece influenzano negativamente la resa sia a 48 ore sia a 21 giorni, con valori di correlazione pari a -0.2 e -0.297 rispettivamente. Questi risultati trovano conferma nel fatto che le cellule somatiche svolgono un'azione alterante sul latte aumentandone contenuto di plasmina, un enzima del siero del sangue che degrada le proteine (Bastian et al., 1991). Dunque il latte ricco di cellule somatiche è più povero in caseina oltre che in grasso (Politis et al., 1988) e presenta un pH più alto. Tutto questo dunque va ad influire negativamente sulla resa.

La resa a 21 giorni naturalmente è influenzata negativamente dal calo di peso che c'è durante la salatura delle forme, ed è correlata positivamente sia al grasso (0.258) sia alla caseina (0.132).

E' da notare come i parametri grasso e proteina, e quindi anche grasso e caseina, siano in contrasto tra loro. Nel primo caso infatti abbiamo una correlazione di -0.366, mentre nel secondo abbiamo una correlazione di -0.581.

Tabella 4.2 Correlazioni di Pearson tra le rese a 48 ore e a 21 giorni, il calo di stagionatura, le caratteristiche del latte (grasso, proteina, caseina, lattosio, pH, SCS, RCT, a_{30} , acidità titolabile).

	Resa 48h	Resa 21d	Calo	Grasso, %	Proteina, %	Caseina, %	Lattosio, %	pH	SCS	RCT, min	a_{30} , mm	SH° latte
Resa 48h	1	0.488	0.494	0.343	0.178	0.288	0.401	0.117	-0.200	0.056	0.003	0.111
Resa 21d		1	-0.517	0.258	0.311	0.132	0.385	0.114	-0.297	-0.037	-0.007	0.181
Calo			1	0.076	-0.138	0.152	0.007	-0.003	0.103	0.091	0.010	-0.072
Grasso, %				1	-0.366	-0.581	-0.238	0.327	-0.322	-0.520	0.224	-0.121
Proteina, %					1	0.714	0.849	0.039	-0.061	0.524	-0.421	0.265
Caseina, %						1	0.713	-0.105	0.162	0.611	-0.295	0.129
Lattosio, %							1	0.199	-0.053	0.362	-0.244	0.130
pH								1	-0.028	-0.405	-0.269	-0.372
SCS									1	0.240	-0.194	-0.008
RCT, min										1	-0.729	0.376
a_{30} , mm											1	-0.170
SH° latte												1

¹ SCS = \log_2 (SCC/100.000); SH°/50ml = gradi Soxhlet-Henkel; RCT, min = tempo di coagulazione; a_{30} , mm = consistenza del coagulo

Osservazione delle rese predette

Con i dati raccolti durante il lavoro di tesi sono state calcolate delle rese teoriche utilizzando alcune formule di predizione riportate in tabella 4.3.

Osservando la tabella 4.4 possiamo vedere le correlazioni tra le rese teoriche e la resa reale a 48 ore dalla produzione. Le correlazioni minori si possono riscontrare tra le rese calcolate mediante le formule di Cassandro 1, Cassandro 2 (comunicazione personale) e di Alais. Questo si può spiegare con il fatto che queste equazioni sono state elaborate per calcolare la resa in tipologie di formaggio differenti da Grana Padano, in particolare quelle di Cassandro predicono la resa dell'Asiago, mentre quella di Alais è stata formulata per i formaggi freschi a pasta cruda.

Una bassa correlazione la troviamo anche con la resa predetta dalla formula di Aleandri et al. (0.472). Questo si può spiegare con il fatto che tale equazione è predittiva per la resa a 6 mesi dalla produzione, questo si può notare anche dall'errore medio che 2.105 il quale indica quanto mediamente questa resa predetta abbia un valore più basso rispetto alla resa a 48 ore.

Buone correlazioni (superiori allo 0.6) sono state riscontrate nelle rese predette con le formule di Van Slike (0.645), Cusmano e Russo (0.631), e Gabrielli e Massoni (0.908) (vedi anche grafici in figura 4.2). Questo si può spiegare con il fatto che tali equazioni sono state sviluppate per predire le rese di formaggi simili al Grana Padano. L'equazione che maggiormente ha rispecchiato la resa di Grana Padano è stata quella formulata da Gabrielli e Massoni con una correlazione dello 0.908. Una correlazione elevata è stata ovviamente riscontrata anche con i valori calcolati mediante la formula di predizione PB creata sul data set di questo lavoro di tesi. E' inoltre logico aspettarsi, come del resto avviene, un errore quasi nullo tra le rese reali e quelle predette usando questa formula in quanto applicata sui dati usati per svilupparla.

Tabella 4.3 Equazioni di predizione delle rese.

Nome	Parametri	Equazione	Referenze
Cassandro 1	Proteina, % (P); RCT; A ₃₀	resa 24h = -1.53701 + P * -0.153203 + RTC * 0.058159 + A ₃₀ * 3.464527	Cassandro, comunicazione personale
Cassandro 2	Proteina, % (P); A ₃₀	resa 24h = -3.39024 + P * 3.09051 + A ₃₀ * 0.06716	
Alais	Grasso, % (G); Proteina, % (P)	resa 24h = (G * 0.327 + P * 0.09) * 10	
Banks	Grasso, % (G); Proteina, % (P)	resa 24h = 1.58 * G + 1.23 * P	Formaggioni et al., 2008
Van Slike	Grasso, % (G); Caseina, % (C); Umidità formaggio, % (U)	resa 24h = ((0.93 * G + C + 0.1) * 1.09 * 100) / (100 - U)	
Cusmano e Russo	Grasso, % (G); Caseina, % (C); Densità latte (D); Grasso siero (g); Densità siero (d)	resa 24h = (((G + C) / D) - (g / d)) * 1.824	
Gabrielli e Massoni	Grasso, % (G); Caseina, % (C); S=sostanza secca formaggio/peso 24h	resa 24h = (G + C * 1.1) / S	
Aleandri et al.	Grasso, % (G); Proteina, % (P)	resa 6 mesi = 2.83329 + 0.711144 * G + 0.179 * P ²	

¹RCT, min = tempo di coagulazione; a₃₀, mm =consistenza del coagulo.

²U = 40%; D = 1,035; g = 0,3%; d = 1,025; sostanza secca formaggio = 60% (Salvadori Del Prato, 1998).

Tabella 4.4 Correlazioni, errore medio e deviazione standard dell'errore tra le rese predette e la resa a 48 ore.

	Resa reale		
	Correlazione	Errore medio	DS errore
Banks et al.	0.433	0.546	0.169
Cassandro 1	0.050	-0.283	0.545
Cassandro 2	0.118	-0.519	0.381
Alais	0.409	-4.583	0.166
Van Slike	0.645	-0.613	0.129
Cusmano e Russo	0.631	0.057	0.134
Gabrielli e Massoni	0.908	1.333	0.124
Aleandri et al.	0.472	2.105	0.131
Predizione PB	0.713	-0.002	0.105

Figura 4.1 Grafici della resa reale rapportata con i parametri a_{30} , grasso, SCS e caseina

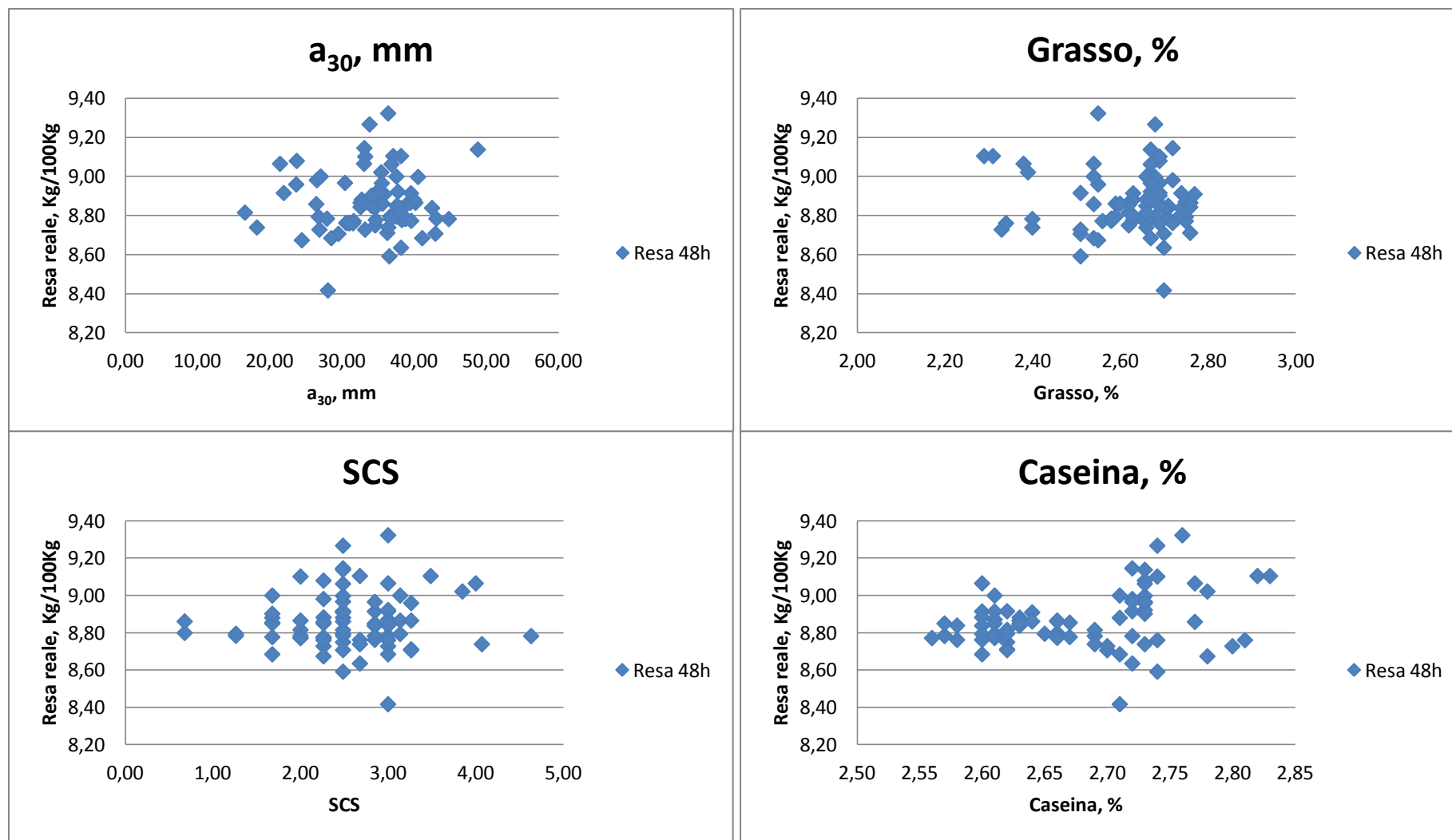
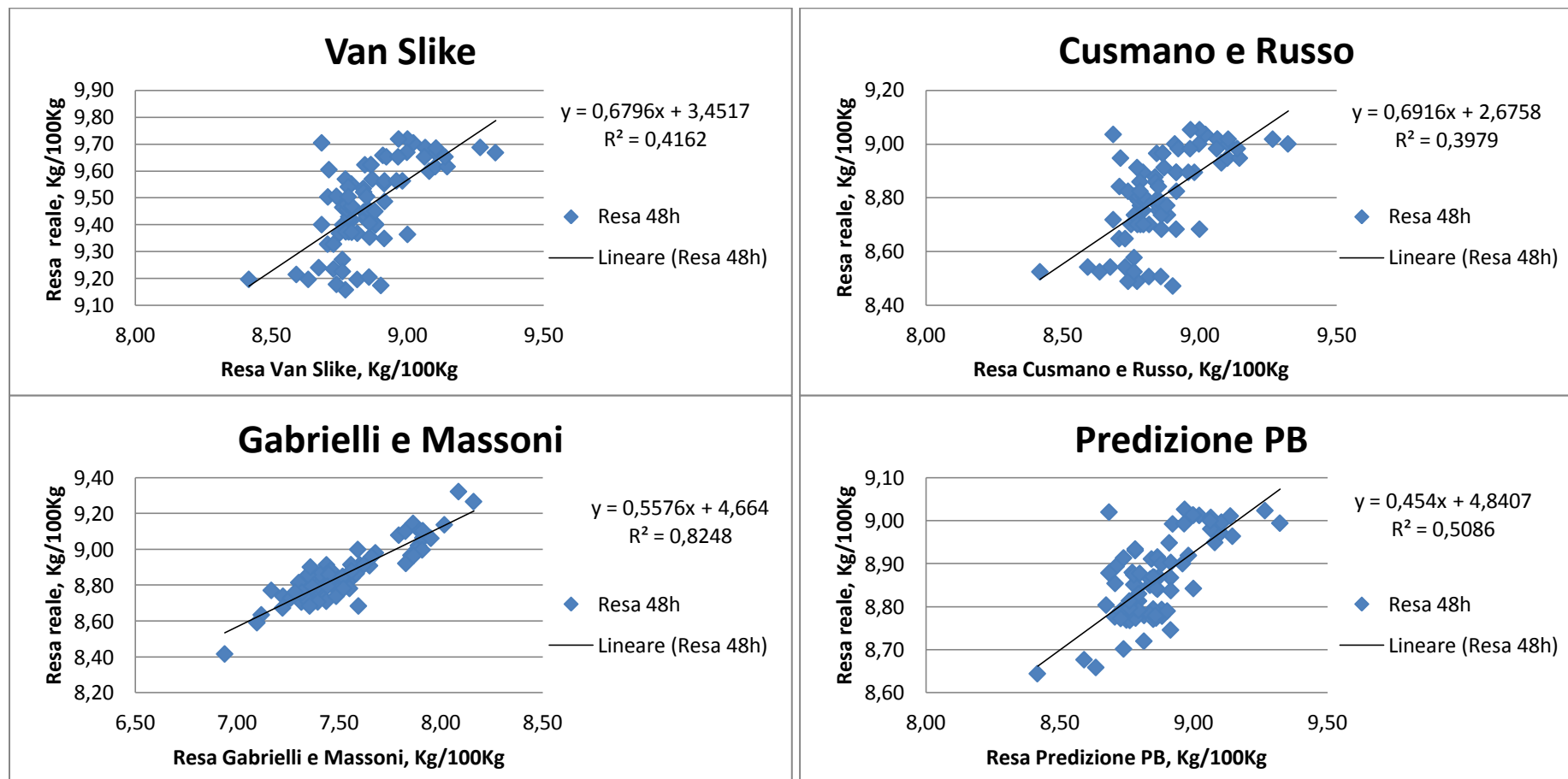


Figura 4.2 Grafici della resa reale a 48 ore rapportata con le rese predette dalle formule di Van Slike, Cusmano e Russo, Gabrielli e Massoni, e dalla formula di predizione PB sviluppata con il data set



5. Conclusioni

Durante la stesura di questo elaborato di tesi abbiamo avuto conferma del fatto che per migliorare la resa nella produzione di Grana Padano è importante lavorare su parametri qualitativi del latte, come la percentuale di caseina, la percentuale di grasso e le cellule somatiche. La qualità del latte infatti influenza i caratteri tecnologici e di conseguenza anche la resa casearia. Un aumento di resa in formaggio si traduce in aumento di ricavi economici per il caseificio e di conseguenza è anche un aumento del reddito per l'allevatore, e questo, anche grazie ai nuovi sistemi di pagamento della qualità, che prendono in esame anche parametri di attitudine casearia, oltre ai classici parametri di qualità del latte.

L'unica formula, tra quelle esaminate in questo elaborato, che più si addice alla predizione della resa del Grana Padano è risultata essere l'equazione di Gabrielli e Massoni con una correlazione di 0.908.

La formula di predizione della resa che è stata sviluppata sul dataset di questo lavoro purtroppo non è stata validata dal momento che per svilupparla sono stati utilizzati i parametri raccolti in tutte le 80 caldaie prese in esame. Per eseguire una buona validazione oltretutto è necessario un numero di dati superiore a quello a nostra disposizione. E' quindi auspicabile per il futuro un ulteriore lavoro su cui poter costruire un dataset che prenda in esame un numero di caldaie tale da poter eseguire una validazione di questa formula di predizione.

Bibliografia

- Bastian E. D., Brown R. J., Ernstrom C. A., 1991. Plasmin activity and milk coagulation. Department of Nutrition and Food Sciences, Utah State University;
- Bittante G., Andrighetto I., Ramanzin M., 2003. Tecniche di produzione animale. Liviana, pag.1-12, 52-66;
- Caseificio Sociale Ponte di Barbarano. www.caseificiobarbarano.it;
- Cecchi F., Summer A., Leotta R., 2003. Le fonti di variabilità ambientale della qualità tecnologica del latte di bovine di razza frisona. Università di Parma;
- Consorzio di tutela del formaggio Grana Padano DOP. www.granapadano.com;
- Dalla Riva A. 2011. Effetto della razza, del sistema di allevamento e della stagione sui parametri di qualità del latte di massa nel Veneto. Tesi di laurea triennale in Scienze e Tecnologie Agrarie, Relatore Cassandro M., Dipartimento di Scienze Animali, Università degli Studi di Padova;
- De Marchi M., Dal Zotto R., Cassandro M., Bittante G., 2007. Milk Coagulation Ability of Five Dairy Cattle Breeds. *Journal of Dairy Science* Vol. 90, No. 8, 2007, pag. 3986-3992;
- Formaggioni P., Summer A., Franceschi P., Malacarne M., Mariani P., 2008. Cheese yield: factors of variation and predictive formulas. A review focused particularly on grana type cheeses. *Ann. Fac. Medic. Vet. di Parma* (Vol. XXVIII, 2008) pag. 211 - pag. 232;
- Gaucheron F., 2005. The minerals of milk. *Reprod. Nutr. Dev.* 45 (2005) 473–483. INRA, EDP Sciences, 2005;
- Informatore zootecnico, 2012. L'attitudine casearia. Una realtà il suo miglioramento. Supplemento al n. 18 del quindicinale de il Sole 24Ore Business Media, Edagricole;
- ISMEA, 2012. Rapporto annuale; pag. 26-28;
- *Journal of Dairy Science*. www.journalofdairyscience.org;
- Lucey J., Kelly J., 1994. Cheese yield. *Journal of the Society of Dairy Technology*, vol. 47, n. I February 1994;
- Malacarne M., Fieni S., Tosi F., Franceschi P., Formaggioni P., Summer A., 2005. Seasonal variations of the rennet-coagulation properties of herd milks in Parmigiano-Reggiano cheese manufacture: comparison between Italian Friesian and

Italian Brown cattle breeds. ITAL.J.ANIM.SCI. VOL. 4 (SUPPL. 2), 242-244, 2005;

- Mariani P., Serventi P., Fossa E., 1997. Contenuto di caseina, varianti genetiche ed attitudine tecnologico-casearia del latte delle vacche di razza Bruna nella produzione di formaggio grana. Allegato alla rivista “la razza bruna italiana” n. 2/1997;
- Mariani P., Battistotti B., 1999. Milk quality for cheesemaking. Proceeding of the A.S.P.A. XIII Congress, Piacenza, June 21-24, 1999, pag. 499-516;
- Najera A. I., De Renobales M., Barron L.J.R., 2002. Effects of pH, temperature, CaCl_2 and enzyme concentrations on the rennet-clotting properties of milk: a multifactorial study. Food Chemistry 80 (2003) 345–352;
- Pieri R., 2010. Il mercato del latte. Rapporto 2011. Osservatorio sul mercato dei prodotti zootecnici. Franco Angeli editore;
- Politis I., Ng-Kwai-Hang K.F., 1988. Effects of somatic cell counts and milk composition on the coagulating properties of milk. Journal of Dairy Science Vol. 71, No. 7, 1988, pag. 1740-1746;
- Pretto D., Kaart T., Vallas M., Jõudu I., Henno M., Ancilotto L., Cassandro M., Pärna E., 2011. Relationship between milk coagulation property traits analyzed with different methodologies. Journal of Dairy Science Vol. 94, No. 9, 2011, pag. 4336-4346;
- Pretto D., De Marchi M., Penasa M., Cassandro M., 2012. Effect of milk composition and coagulation traits on Grana Padano cheese yield under field conditions. Journal of Dairy Research;
- Qualivita, Ismea, 2012. 10° Rapporto 2012 sulle produzioni agroalimentari italiane DOP, IGP, STG. Edizioni Qualivita;
- Regio Decreto 994/29 del 9 maggio 1929. Approvazione del regolamento sulla vigilanza igienica del latte destinato al consumo diretto. Gazzetta Ufficiale 24 giugno 1929, n. 146;
- Salvadori Del Prato O., 1998. Trattato di tecnologia casearia. Edagricole-Bologna;
- School of Veterinary Medicine www.vetmed.lsu.edu;
- Skeie S., 2007. Characteristics in milk influencing the cheese yield and cheese quality. Journal of Animal and Feed Sciences, 16, Suppl. 1, 2007, 130–142;
- Summer A., Formaggioni P., Malacarne M., Sandri S., Mariani P., 2003. Composition, acidity and rennet-coagulation properties of early- and late-lactation

milks from Italian Friesian cows. *Veterinary Research Communications*, 27 Suppl. 1 (2003) 269–272.

